

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

STHEFANY SANTOS BLANCO

**ESTUDO ECONÔMICO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS NO ATERRO SANITÁRIO
BANDEIRANTES – ESTUDO DE CASO**

CURITIBA

2016

STHEFANY SANTOS BLANCO

**ESTUDO ECONÔMICO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS NO ATERRO SANITÁRIO
BANDEIRANTES – ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, como requisito parcial a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Junior Ruiz Garcia

CURITIBA
2016

TERMO DE APROVAÇÃO

STHEFANY SANTOS BLANCO

ESTUDO ECONÔMICO DA PRODUÇÃO DE BIOGÁS NO ATERRO SANITÁRIO BANDEIRANTES – ESTUDO DE CASO

Monografia aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:

Prof. Dr. Junior Ruiz Garcia
Departamento de Ciências Econômicas – UFPR

Prof. Dra. Angela Welters
Departamento de Ciências Econômicas – UFPR

Prof. Dra. Denise Maria Maia
Departamento de Ciências Econômicas – UFPR

Curitiba, 27 de Junho de 2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe Lenara, não somente pelo apoio nesta intensa jornada, mas também por todo apoio, incentivo, conforto e o amor incondicional que tive a honra de receber.

Ao meu pai Odacir, por me ensinar que sempre devemos buscar o melhor para nós, pela confiança e pelo apoio neste desafio.

Ao meu irmão Nícolas, pelo exemplo de dedicação e superação, que somente um irmão mais novo poderia ensinar.

Ao meu companheiro Eduardo, por toda paciência, dedicação e companheirismo em todos os momentos.

Ao meu orientar, Prof. Dr. Junior Garcia, pela paciência e dedicação essenciais para que este trabalho fosse realizado.

A verdadeira medida de um homem não se vê na forma como se comporta em momentos de conforto e conveniência, mas em como se mantém em tempos de controvérsia e desafio.
(Martin Luther King)

RESUMO

A intensificação das atividades humanas nas últimas décadas contribuiu de forma significativa, para o aumento da concentração dos gases de efeito estufa (GEE), oriundos principalmente da queima de combustíveis fósseis e da decomposição dos resíduos sólidos urbanos. O presente trabalho teve por objetivo analisar os benefícios oriundos do uso do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) como estímulo a adequada gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. Para tanto, apresentou-se a caracterização do Aterro Sanitário Bandeirantes bem como a investigação do processo de implantação do MDL na gestão do Aterro Bandeirantes, levando-se em conta os fatores econômicos e socioambientais envolvidos. Os métodos de pesquisa utilizados na elaboração deste trabalho baseiam-se em levantamento de dados a partir de pesquisa bibliográfica, pertinentes aos assuntos aqui abordados, por meio de livros, periódicos, artigos, entre outros. Desta forma, utilizar-se-á a análise inferida e dedutiva, via observação indireta, a partir de fontes secundárias. Concluiu-se que os resultados obtidos foram positivos e se mostrou uma ferramenta efetiva à adequada gestão dos resíduos sólidos urbanos, visto ter proporcionado inúmeros benefícios à comunidade circunvizinha ao aterro. Desta forma, o projeto não se mostrou somente viável financeiramente, mas também tornou-se um modelo a ser replicável a outros aterros potenciais.

Palavras-chave: Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Projeto Bandeirante de Gás de Aterro e Geração de Energia Elétrica. Créditos de Carbono.

ABSTRACT

The intensification of human activities over the past decades has contributed significantly to the increased concentration of greenhouse gases (GHGs), mainly from the burning of fossil fuels and the decomposition of municipal solid waste. This study sought to identify whether Clean Development Mechanism (CDM) can be used as tool in order to stimulate the proper management of urban solid residues in Brazilian landfills. Therefore, we presented the characterization of Landfill Bandeirantes and research process of implementation of the Clean Development Mechanism (CDM) in the management of the Bandeirantes landfill, taking into account the economic, social and environmental factors involved. The research methods used in the preparation of this study are based on survey data from literature, relevant to the issues addressed here through books, periodicals, articles, and more. Thus it will be used and deductive analysis inferred via indirect observation from secondary sources. It was concluded that the project achieved positive results, through the inclusion of financial gains from carbon credits, and it proved to be an effective tool in stimulating the proper management of urban solid residues, since it provided several benefits to the community surrounding the landfill. Thus, the project not only proved to be financially feasible, but it also has become a model to be replicable to other potential landfills.

Keywords: Clean Development Mechanism; Bandeirantes Landfill Gas to Energy Project (BLFGE); Carbon credits.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CICLO DE DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO DE MDL E RESPONSABILIDADES	26
FIGURA 2 – LOCALIZAÇÃO E VISTA AÉREA DO ATERRO SANITÁRIO BANDEIRANTES	42
FIGURA 3 – POTENCIAIS CAUSAS DA DIFERENÇA ENTRE O POTENCIAL PRODUTIVO ESTIMADO E O REAL.....	47

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – GERAÇÃO E COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO ANO DE 2013 (T/DIA)	33
GRÁFICO 2 – PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DAS REGIÕES BRASILEIRAS NO TOTAL DE RSU COLETADOS EM 2013	33
GRÁFICO 3 – QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS POR TIPO DE DESTINAÇÃO ADOTADA (2008-2014)	35
GRÁFICO 4 – CAPTURA DE BIOGÁS ESTIMADA, CAPTURA EFETIVA, ENERGIA GERADA E CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DA UTEB, 2004 A 2022	45

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE RESÍDUOS DE SANEAMENTO PARA OS ANOS DE 2016 A 2020, BRASIL	40
TABELA 2 – QUANTIDADE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DEPOSITADOS POR ANO NO ATERRO BANDEIRANTES NO PERÍODO DE 1978 A 2007.....	43
TABELA 3 – ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E A CAPTAÇÃO REAL NO ATERRO BANDEIRANTES, 2004 A 2010	46
TABELA 4 – TOTAL DE REDUÇÕES DE EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE EM TONELADA POR ANO, DE 2004 A 2012	48
TABELA 5 – ESTIMATIVA DO TOTAL DE REDUÇÕES DE EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE EM TONELADA POR ANO, DE 2013 A 2017	48
TABELA 6 – DADOS DO 1º, 2º E 3º LEILÃO REALIZADOS PELA PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2007 A 2012	50

LISTA DE SIGLAS

A3P - Agenda Ambiental na Administração Pública
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
AmCham Rio - Câmara Americana de Comércio do Rio de Janeiro
BM&F Bovespa - Bolsa de Mercadorias e Futuros
BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
C&C - Comando e Controle
CEG - Companhia Estadual de Gás
CH₄ - Metano
CIMGC - Comissão Interministerial de Mudanças Globais de Clima
CNUMAD - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
CO₂ - Dióxido de carbono
COMLURB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA - Conselho Nacional do Meio ambiente
CP - Conferência das Partes
CPDS - Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável
CQNUMC - Convenção-Quatro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
DPP - Departamento de Participação e Fomento a Políticas Públicas
FEM - Fórum Econômico Mundial
FEMA - Fundo Especial de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
GEE - Gases de Efeito Estufa
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia
MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MIT - Massachusetts Institute Technology
N₂O - Óxido nitroso
PBGAGE - Projeto Bandeirantes de Gás de Aterro e Geração de Energia
PCH - Pequenas Centrais Hidrelétricas
PMSP - Prefeitura Municipal de São Paulo
PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PPP - Parceria Público-Privada

PROINFRA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia

RCE - Reduções Certificadas de Emissões

TIR - Taxa Interna de Retorno

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

UTEB - Usina Termoelétrica Bandeirantes

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: GERAÇÃO, REAPROVEITAMENTO E POLÍTICA DE INCENTIVO	16
2.1	RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	16
2.2	BIOGÁS: FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL.....	21
2.3	MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL).....	23
3	A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL	29
3.1	QUESTÃO INSTITUCIONAL.....	30
3.2	PANORAMA DA GESTÃO DE RESÍDUOS URBANOS BRASILEIRA.....	32
3.3	BIOGÁS E RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	36
4	ESTUDO DE CASO: ATERRO BANDEIRANTES	41
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO	41
4.2	POTENCIAL PRODUTIVO.....	44
4.3	AVALIAÇÃO ECONÔMICA	49
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
	REFERÊNCIAS.....	60
	ANEXO I – TIR ORIGINAL DO PROJETO DE EXPLORAÇÃO DO BIOGÁS DO ATERRO BANDEIRANTES	68
	ANEXO II - TIR ORIGINAL DO PROJETO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS CAPTURADO NO ATERRO BANDEIRANTES	69
	ANEXO III – NOVA TIR DO PROJETO DE EXPLORAÇÃO DO BIOGÁS DO ATERRO BANDEIRANTES	70
	ANEXO IV – PROJETOS DESENVOLVIDOS COM OS RECURSOS ORIUNDOS DA VENDA DOS RCEs.....	71

1 INTRODUÇÃO

O atual estágio de desenvolvimento econômico dos países tem gerado efeitos externos que, no último século, afetaram de maneira significativa o meio ambiente. A intensificação das atividades humanas contribui de forma significativa, por exemplo, para o aumento da concentração dos gases de efeito estufa (GEE), oriundos principalmente da queima de combustíveis fósseis, do desmatamento de florestas e da decomposição de resíduos sólidos urbanos. Os efeitos globais das emissões dos GEE resultaram na quase duplicação da concentração atmosférica desses gases nos últimos 20 anos (CEPEA¹, 2004 apud FIGUEIREDO, 2011).

Em meio a este cenário, diminuir a dependência de fontes não renováveis de energia, aliado a busca por soluções ambientais, como a utilização sustentável da biomassa como fonte de energia renovável, é imprescindível para mitigar o aquecimento global e os impactos ambientais do uso e do esgotamento de fontes de energia não renováveis. O desenvolvimento de tecnologias que permitem a substituição de recursos energéticos derivados de combustíveis fósseis por biomassa contribui para sustentabilidade da matriz energética nacional (FIGUEIREDO, 2011, p. 18).

O biogás surge como subproduto da decomposição da matéria orgânica de resíduos urbanos e como alternativa energética aos recursos naturais não renováveis. A produção de energia a partir do biogás pode ser apresentada com uma solução ambientalmente correta ao grande volume de resíduos sólidos urbanos gerados pelo aumento do consumo de produtos industrializados e da expansão continuada dos processos produtivos que demandam cada vez mais insumos e geram cada vez mais resíduos.

O Brasil produz cerca de 62 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano (ABRELPE, 2012, p. 28), onde cerca de 58% destes resíduos coletados, aproximadamente 105 mil toneladas diárias, são destinados a aterros sanitários. Este diagnóstico permite a elaboração de metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, que visem à redução da quantidade de resíduos e rejeitos, bem como metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos. Para que seja viável a

¹ CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). **Estudo do potencial de geração de energia renovável proveniente dos aterros sanitários nas regiões metropolitanas e grandes cidades do Brasil**. Brasil: São Paulo, 2004.

implementação de projetos de produção de biogás é condição necessária que haja instrumentos governamentais que incentivem e guiem o desenvolvimento destas atividades.

A criação do Protocolo de Quioto, em 2005, é consequência direta do interesse de cada nação, que o compõe, em proteger o sistema climático (BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2009). Trata-se do primeiro instrumento legal cujo objetivo é definir metas quantificadas de redução ou limitação das emissões dos gases de efeito estufa por países desenvolvidos, bem como estabelecer mecanismos para atendimento destas metas (BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2009). A partir disso, estabelecem-se três mecanismos para o cumprimento das metas de redução, a Implementação Conjunta, o Comércio de Emissões e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (PAIVA, 2008, p. 3).

O MDL permite a participação de países em desenvolvimento, mediante financiamento por parte dos países desenvolvidos, signatários ao Protocolo, no desenvolvimento e implantação de projetos que promovam a redução de gases de efeito estufa (GEE). Este instrumento permite que a cada tonelada de dióxido de carbono removida e a cada redução nas emissões de GEE da atmosfera decorrentes das atividades dos projetos correspondam a uma unidade de Reduções Certificadas de Emissões (RCE), emitida pelo Conselho Executivo do MDL (BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2009, p. 104). Projetos como os de geração de biogás em aterros sanitários, em que se vise o aproveitamento energético e a redução nas emissões de GEE, no âmbito do MDL, permitem que, além de atingir suas metas, os países proponentes usufruam do benefício integral da venda das RCEs.

O objetivo deste trabalho é analisar os benefícios oriundos do uso do MDL como estímulo a adequada gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. Será apresentada a caracterização do Aterro Sanitário Bandeirantes bem como a investigação do processo de implantação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo na gestão do Aterro Bandeirantes, levando-se em conta os fatores econômicos e socioambientais envolvidos. Por fim, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo pode ser uma ferramenta que estimule a adequada gestão dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários no Brasil?

Os métodos de pesquisa utilizados na elaboração deste trabalho baseiam-se em levantamento de dados a partir de pesquisa bibliográfica, pertinentes aos

assuntos aqui abordados, por meio de livros, periódicos, artigos, entre outros. Desta forma, utilizar-se-á a análise inferida e dedutiva, via observação indireta, a partir de fontes secundárias.

A presente pesquisa é composta por cinco capítulos, sendo o primeiro capítulo, a Introdução, uma breve contextualização do trabalho. O segundo e o terceiro capítulos apresentam a revisão bibliográfica e a gestão de resíduos sólidos urbanos no âmbito nacional, respectivamente. O quarto capítulo apresentará o estudo de caso do Aterro Sanitário Bandeirantes e o sexto, e último, capítulo discorrerá sobre as conclusões finais dos temas abordados.

2 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: GERAÇÃO, REAPROVEITAMENTO E POLÍTICA DE INCENTIVO

A sociedade e a administração pública enfrentam grandes desafios quanto à gestão dos resíduos sólidos urbanos, já que a geração destes vem aumentando gradativamente em virtude do aumento populacional e da produção e do consumo de bens e serviços econômicos. Em meio a este cenário, é imprescindível que haja engajamento da sociedade em buscar o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos gerados de acordo com as normas socioambientais, que envolva a coleta, o tratamento e a disposição final dos resíduos. Uma alternativa para o tratamento dos resíduos sólidos tem sido o uso como fonte energética, como o biogás. Desse modo, é importante compreender a abrangência dos resíduos sólidos e a pertinência de sua utilização como fonte de combustível renovável.

O objetivo desta seção é apresentar uma breve revisão bibliográfica sobre a definição e a composição dos resíduos urbanos sólidos, o biogás e a importância do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) como ferramenta para a implantação de tecnologias e projetos que visem à recuperação e preservação ambiental a partir de fontes limpas de energia.

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

O aumento da quantidade de resíduos urbanos gerados é consequência direta do crescimento econômico, segundo Andrade (2008), o sistema econômico interage constantemente com o meio ambiente, sendo este último fornecedor de insumos e receptor de resíduos oriundos dos processos de produção e consumo. A sociedade por muitos anos se preocupou apenas com o crescimento do emprego e da renda, quase que com completa indiferença em relação aos impactos ambientais oriundos do crescimento econômico e da exploração ilimitada dos recursos naturais. A intensificação do uso de recursos naturais e de seus efeitos prejudiciais ao meio ambiente despertou na comunidade mundial um alerta para os possíveis danos à qualidade de vida da sociedade e do possível esgotamento dos recursos naturais.

A internacionalização do debate entre crescimento econômico e meio ambiente, em especial, nos países do Hemisfério Norte, partiu de um

debate sobre as questões ambientais diante do alarme feito pelo Clube de Roma mediante estudo elaborado por uma equipe do Massachusetts Institute Technology (MIT) em 1972 – The Limits to Growth ou Limites ao Crescimento (PAIVA, 2008, p. 8).

Observou-se no relatório do MIT que a utilização desenfreada de recursos naturais e com o contínuo crescimento populacional e, por conseguinte, da poluição, industrialização e a produção de alimentos, os limites do planeta seriam atingidos em 100 anos. A publicação do relatório reafirmou a importância do debate dos impactos ambientais, até então causados pelo crescimento econômico. Gerou-se então uma polêmica entre aqueles defensores de medidas de contenção do uso exacerbado de recursos naturais e aqueles que acreditavam que tais medidas seriam prejudiciais a seus crescimentos econômicos, uma vez que suas bases econômicas eram altamente dependentes do setor industrial.

Este conflito de ideias tornou-se ponto de partida dos debates realizados posteriormente na Conferência de Estocolmo, em 1972. A partir de então dedicou-se especial atenção à relação entre o desenvolvimento econômico e o desenvolvimento sustentável, uma vez que o segundo, sendo mais abrangente, engloba tanto o capital produzido e acumulado pelo sistema econômico, como a conservação do estoque de capital total, o capital humano, o capital social e, principalmente, o capital natural (MUELLER, 2007, p. 98). A temática ambiental ganha espaço no cenário mundial e a discussão sobre o desenvolvimento sustentável passa a englobar a eficiência econômica, o equilíbrio ambiental e a equidade social.

O crescimento populacional e a forte tendência à urbanização, conjuntamente com a expansão da produção material, levam a um aumento contínuo na extração de recursos naturais e do retorno ao meio ambiente, de volumes cada vez maiores, de rejeitos e resíduos. Apesar do meio ambiente possuir certa resiliência, ou seja, possuir a capacidade de se autorregenerar das agressões oriundas do sistema econômico, alterações drásticas podem vir a ocasionar perdas inestimáveis nos ecossistemas e inevitável perda de qualidade de vida.

Desse modo, a crescente preocupação com a adequada gestão dos resíduos sólidos tem cada vez mais feito parte da agenda ambiental da sociedade brasileira, em especial no que concernem as questões ecológicas e sociais envolvidas, exemplos desse engajamento podem ser verificados em trabalhos como os de

Arlindo Philippi Jr.² (2012) e Regina Mambeli Barros³ (2013). Um dos grandes desafios para a administração pública, atualmente, está relacionado ao aumento exponencial das quantidades de resíduos sólidos gerados nas áreas urbanas, bem como pela alteração das suas características, em decorrência do crescimento demográfico, da intensificação das atividades humanas e da melhoria econômica do nível de vida.

Em meio a este cenário, a Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) surge com o intuito de reforçar a participação do setor público, através do Ministério do Meio Ambiente, nas questões ambientais a fim de promover a responsabilidade socioambiental. Como fator agravante, o manejo inadequado dos resíduos sólidos, desde a geração até a destinação final pode resultar em riscos ambientais, sociais e econômicos e à saúde pública.

Segundo dados do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010, p. 31), cerca de 84,4% da população brasileira reside em áreas urbanas, o que aumenta a demanda por infraestruturas e serviços de saneamento básico, tais como serviços de limpeza, coleta e tratamento de resíduos, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais.

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2012, p. 28), no ano de 2012 o Brasil produziu cerca de 62 milhões de toneladas de resíduos sólidos, 1,3% superior a quantidade produzida no ano anterior. A geração *per capita* de resíduos, por sua vez, cresceu 0,4%, totalizando cerca de 348,5 kg/ano por habitante, volume considerável e que evidencia a importância de políticas ambientais que assegurem o destino adequado para todo o volume gerado.

O destino final de cada resíduo urbano dependerá de sua classificação. Assim, é fundamental distinguir os resíduos sólidos que podem ser reaproveitados ou reutilizados daqueles que apresentam riscos à saúde humana e ao ambiente natural. Esta diferenciação é crucial para que os resíduos sejam destinados para os devidos locais de descarte, sejam eles de reciclagem a aterros sanitários, aterros

² Cf. PHILIPPI JUNIOR, A. **Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. 1. ed. São Paulo: Manole, 2012.

³ Cf. BARROS, R. M. **Tratado sobre resíduos sólidos – Gestão, uso e sustentabilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

controlados e lixões. Com o aumento da geração de resíduos sólidos a caracterização torna-se uma ferramenta importante para a definição do ciclo final do resíduo, a fim de minimizar os impactos sobre o meio ambiente. A classificação permite dimensionar a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados e a partir dos resultados auxiliar no planejamento e na escolha das tecnologias mais adequadas ao tratamento e destino final dos resíduos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define através da NBR 10004 (ABNT, 2004) resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

Esta norma estabelece os critérios de classificação dos resíduos sólidos de acordo com os riscos potenciais e impactos à saúde e ao meio ambiente. A classificação dos resíduos compreende a identificação preliminar do processo ou atividade que deram origem e constituição, para que assim possa ter o seu devido tratamento. De acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004), os resíduos sólidos são classificados em dois grupos: perigosos e não perigosos.

Os resíduos perigosos são aqueles que representam, de acordo com suas características, riscos ao meio ambiente e à saúde da população. Os resíduos pertencentes a esta classe, apresentam característica perigosas, tais como, inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Os resíduos não perigosos podem ser subdivididos em inertes e não inertes. Podem ser considerados como não inertes os resíduos que apresentam características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, podendo ocasionar riscos a saúde humana e/ou ao meio ambiente. Os inertes, por sua vez, quando submetidos a testes de solubilização, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água.

A determinação dos componentes dos resíduos sólidos é um importante instrumento para definição de sua disposição final. A identificação de sua composição permite segregar os resíduos, como matéria orgânica, vidro, papel,

papelão, entre outros, e destiná-los a tratamentos como reciclagem e compostagem. Os materiais não recicláveis são em sua maioria encaminhados a aterros sanitários.

A NBR 8419 (ABNT, 1996), em consonância com a definição apresentada na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), caracteriza aterro sanitário como:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário (ABNT, 1992).

Cerca de 58% dos resíduos sólidos coletados no Brasil, aproximadamente 105 mil toneladas diárias, são destinados a aterros sanitários (ABRELPE, 2012, p. 43). A região sudeste destina 72,2% de seus resíduos sólidos a aterros sanitários, um volume considerável ao levar-se em conta a intensa atividade industrial na região e a grande concentração demográfica. Dentre a região sudeste, o estado de São Paulo apresenta grande peso na parcela de resíduos sólidos destinados a aterros sanitários, cerca de 76,3%, 42.715 toneladas diárias de resíduos.

O plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, previsto na Lei 12.305 (BRASIL, 2010), a qual institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instrumento que reúne princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo governo federal com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, dispõe sobre a importância do diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, contendo a origem, o volume, a caracterização dos resíduos e as formas de destinação e disposição final adotadas. Este diagnóstico permite a elaboração de metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos, bem como metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos.

Segundo Ensinas (2003, p. 7), a composição dos resíduos sólidos acompanha diretamente as modificações econômicas e os avanços tecnológicos, que influenciam o modo de vida dos centros urbanos em um ritmo cada vez mais acelerado, gerando conseqüentemente mais resíduos que necessitam de um tratamento final adequado.

O aumento do volume de resíduos sólidos, como consequência direta do aumento populacional e da renda *per capita*, está associado ao aumento do consumo de produtos industrializados e da expansão continuada dos processos produtivos que demandam cada vez mais insumos e geram cada vez mais resíduos. É imprescindível o desenvolvimento de intervenções ambientais que manejem de forma adequada estes rejeitos, muitas vezes tóxicos, de forma a minimizar os impactos e a degradação ambiental, exemplo disso é a utilização dos resíduos sólidos urbanos para o reaproveitamento energético e contribuição com a matriz energética nacional.

2.2 BIOGÁS: FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL

O aumento da concentração dos gases que causam o efeito estufa, cujos principais constituintes são o dióxido de carbono (CO_2) e o metano (CH_4), na atmosfera terrestre ao longo dos anos, em virtude da intensificação das atividades humanas, deve-se a crescente exploração do meio ambiente, principalmente do uso de combustíveis fósseis (FIGUEIREDO, 2011, p. 8). Desta forma, a redução dessas externalidades negativas, oriundas da contínua ampliação da base produtiva, aliada a busca por soluções ambientalmente corretas, como a utilização sustentável da biomassa como fonte de energia alternativa, contribuirão tanto para a redução dos impactos ocasionados pela queima dos combustíveis fósseis, quanto para a sustentação da matriz energética nacional .

Neste contexto, o biogás surge como fonte de energia para a redução da utilização de recursos naturais não renováveis, cuja prática é incentivada pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia (PROINFRA) gerenciado pela Eletrobrás - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. e com apoio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). A conversão energética do biogás pode ser apresentada como alternativa para o grande volume de resíduos gerados uma vez que é originado a partir da decomposição da matéria orgânica (IPEA, 2012, p. 61). Ao mesmo tempo em que se torna uma alternativa energética, também reduz a degradação do meio ambiente, visto diminuir a emissão de gases.

O biogás é composto tipicamente por 60% metano, 35% de dióxido de carbono e 5% de mistura de outros gases como hidrogênio, nitrogênio, gás

sulfídrico, monóxido de carbono, amônia, oxigênio e aminas voláteis (FIGUEIREDO, 2011, p. 20). O metano, principal componente do biogás, podendo chegar até a 80% da composição deste, é responsável por 16% dos gases que compõem o efeito estufa (MTM, 2007, p. 3) e é oriundo da agricultura, pecuária e, principalmente, de resíduos sólidos urbanos. Ainda de acordo com Figueiredo (2011, p. 30), a decomposição dos resíduos sólidos se dá através de dois processos, o primeiro deles é a decomposição aeróbica e o segundo pela decomposição anaeróbica, neste último a matéria orgânica é fermentada pela ação de bactérias dentro de determinados limites de temperatura, teor de umidade, pH, idade e composição do resíduo. Estes fatores influenciarão na composição final do biogás.

No Brasil, segundo Martins (1977, p. 5), o interesse no uso do biogás surge em decorrência da crise do petróleo na década de 70, em que o aumento dos custos relativos de bens e serviços, que utilizassem o petróleo e seus derivados em sua produção levaram às economias internacionais a investirem em tecnologias em busca de fontes alternativas de energia). Em 1979, na Granja do Torto em Brasília, construiu-se um dos primeiros biodigestores do país (ALMEIDA, 2008, p. 19). O projeto instalado na sede do governo foi importante ao demonstrar ser possível instalar uma unidade produtora de biogás com a utilização de materiais simples e de baixo custo.

A Lei 12.305 (BRASIL, 2010) ressalta a importância da busca por fontes alternativas de energia ao afirmar que:

Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental (BRASIL, 2010).

O Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFRA), descrito no Decreto nº 5.025 (BRASIL, 2004), foi instituído com o objetivo de promover o aumento da participação de fontes alternativas de energia, provenientes da biomassa, fontes eólicas e pequenas centrais hidrelétricas (PCH), na formação da energia elétrica nacional. O intuito do programa é promover a diversificação da Matriz Energética Brasileira, buscando alternativas para aumentar a segurança no abastecimento de energia elétrica, além de permitir a valorização das características

e potencialidades regionais e locais (BRASIL. Ministério de Minas e Energia, 2009, não p.).

Em suma, para que se torne viável a produção de biogás é muito importante que haja instrumentos que incentivem e regulamentem a geração de fontes de energia renováveis. Neste cenário, surge o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) com o intuito de promover tecnologias limpas e o desenvolvimento sustentável, através do incentivo de projetos que mitiguem as mudanças climáticas e incentivem o uso e o desenvolvimento de fontes de energia renováveis (FELIPETTO, 2007, p. 14). O MDL deve ser utilizado como um instrumento facilitador de projetos de produção de biogás e da gestão dos resíduos sólidos no Brasil minimizando as dificuldades existentes. Trata-se de um instrumento interessante a ser aproveitado e viabilizado através da elaboração e implantação de projetos de interesse do setor (FELIPETTO, 2007, p. 21).

2.3 MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO (MDL)

As mudanças climáticas tornaram-se importantes desafios a serem enfrentados no século XXI, trata-se do quarto maior problema a ser enfrentado pelos países e o segundo com o maior potencial de causar impacto significativo⁴ (FEM, 2014, p. 17). A partir de 1990, em virtude do aumento da temperatura média superficial global, intensifica-se a busca por soluções ambientalmente corretas que reduzam as emissões de gases poluentes e revertam o aquecimento global e suas consequências para o meio ambiente, exemplo disso foi a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) a fim de discutir as implicações das mudanças climáticas (CENAMO, 2004, p. 2). O aumento na emissão de gases poluentes, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), aumenta o efeito estufa natural, principal responsável pelo aumento da temperatura terrestre, uma vez que a emissão desenfreada destes gases potencializa o efeito estufa fazendo com que grande parte da radiação infravermelha retorne para a superfície terrestre (FIGUEIREDO, 2011).

⁴ De acordo com o relatório de Riscos Globais 2014, publicado pelo Fórum Econômico Mundial, os riscos com as maiores probabilidades de ocorrência é a disparidade de renda, extremos meteorológicos e o desemprego, respectivamente. As crises fiscais encontram-se em primeiro lugar no que concerne aos riscos com os maiores potenciais de causar impactos negativos.

O Fórum Econômico Mundial (FEM), em seu relatório de Riscos Globais 2014, afirma que os países fizeram limitados progressos na redução da emissão de gases poluentes, na compensação de danos climáticos e na adaptação as mudanças climáticas. É necessário maior engajamento das economias mundiais na criação de incentivos e mecanismos para financiar ações que mitiguem as alterações climáticas, ao mesmo tempo em que são feitos esforços para manter o aumento da temperatura mundial abaixo de 2°C (FEM, 2014, p. 20).

O aumento do efeito estufa, além do natural, se dá em razão das atividades humanas, tais como a queima de combustíveis fósseis, processos industriais, atividades agropecuária, disposição de resíduos sólidos e desmatamento. O aumento das atividades humanas está associado à busca pelo crescimento econômico, ao aumento da capacidade produtiva e da produção de bens e serviços pelo sistema socioeconômico. A intensificação do uso de recursos naturais para o crescimento econômico, e seus efeitos poluentes, despertou o alerta de que os altos níveis de degradação do meio ambiente poderiam comprometer a qualidade de vida da população e ainda afetar o crescimento da economia devido ao risco de esgotamento dos recursos naturais (PAIVA, 2008, p. 8).

De acordo com Figueiredo (2011), em meio a este cenário, surge, em 1992, a Convenção-Quatro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), criada oficialmente na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro, cujo intuito é estabilizar a concentração dos gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera a níveis que impeçam a interferência das atividades humanas no sistema climático. Ainda segundo a autora, cerca de 150 países aderiram à convenção e estabeleceu-se a Conferência das Partes (CP) como órgão supremo responsável por examinar e promover a efetiva implementação das medidas da Convenção.

Segundo Lora (2008, p. 20), a Convenção estabelece ainda o princípio de responsabilidade comum, porém diferenciada, entre seus países signatários, em que países desenvolvidos, que historicamente contribuíram de forma significativa para o aumento da concentração dos gases de efeito estufa, seriam os primeiros a adotar medidas de redução de suas emissões, ao passo que os países em desenvolvimento não seriam obrigados a aderir a tais metas.

Na terceira Conferência das Partes, realizada em Quioto no Japão, em dezembro de 1997, adotou-se o Protocolo de Quioto, primeiro instrumento legal cujo

objetivo é definir metas quantificadas de redução ou limitação das emissões dos gases de efeito estufa por países desenvolvidos, bem como estabelecer mecanismos para atendimento destas metas (BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2009, p.18). As metas estabelecidas no Protocolo determinam a redução das emissões em pelo menos 5% em relação aos níveis registrados em 1990. Cabe destacar que o compromisso assumido, de redução ou limitação, por cada país desenvolvido no âmbito do Protocolo de Quioto, se dá pelo interesse de cada nação em proteger o sistema climático (BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2009, p. 31).

O Protocolo de Quioto passou a vigorar em fevereiro de 2005 e estabelece três mecanismos de flexibilização, para o cumprimento das medidas de redução de emissão, a Implementação Conjunta, o Comércio de Emissões e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (PAIVA, 2008, p. 3). O primeiro deles permite que países signatários realizem projetos de redução de gases de efeito estufa (GEE) em outro país contabilizando a seu favor o ganho de redução das emissões. O mecanismo de Comércio de Emissões possibilita que países desenvolvidos que possuem unidades de emissão excedentes vendam estas unidades em excesso para outros países desenvolvidos que estão buscando o cumprimento de suas metas, desde que estes já possuam medidas de redução de GEE implementadas.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo tem por objetivo a participação de países em desenvolvimento, não signatários, mediante financiamento por parte dos países desenvolvidos, no desenvolvimento e implantação de projetos que promovam a redução de GEE. Estes países em desenvolvimento participam de forma voluntária com o intuito de contribuir para o combate ao aquecimento global de forma a respeitar o princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas.

Ao se implementar um projeto que vise à redução de GEE ou remoção de CO₂, em países em desenvolvimento, este ganho ambiental gera um ativo financeiro, transacionável, o qual é denominado Reduções Certificadas de Emissões (RCEs), ou crédito de carbono (BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2009, p. 23). Estes projetos possibilitam que países desenvolvidos possam buscar alternativas, cujo custo de investimento seja reduzido, em países em desenvolvimento a fim de atingir suas metas de redução.

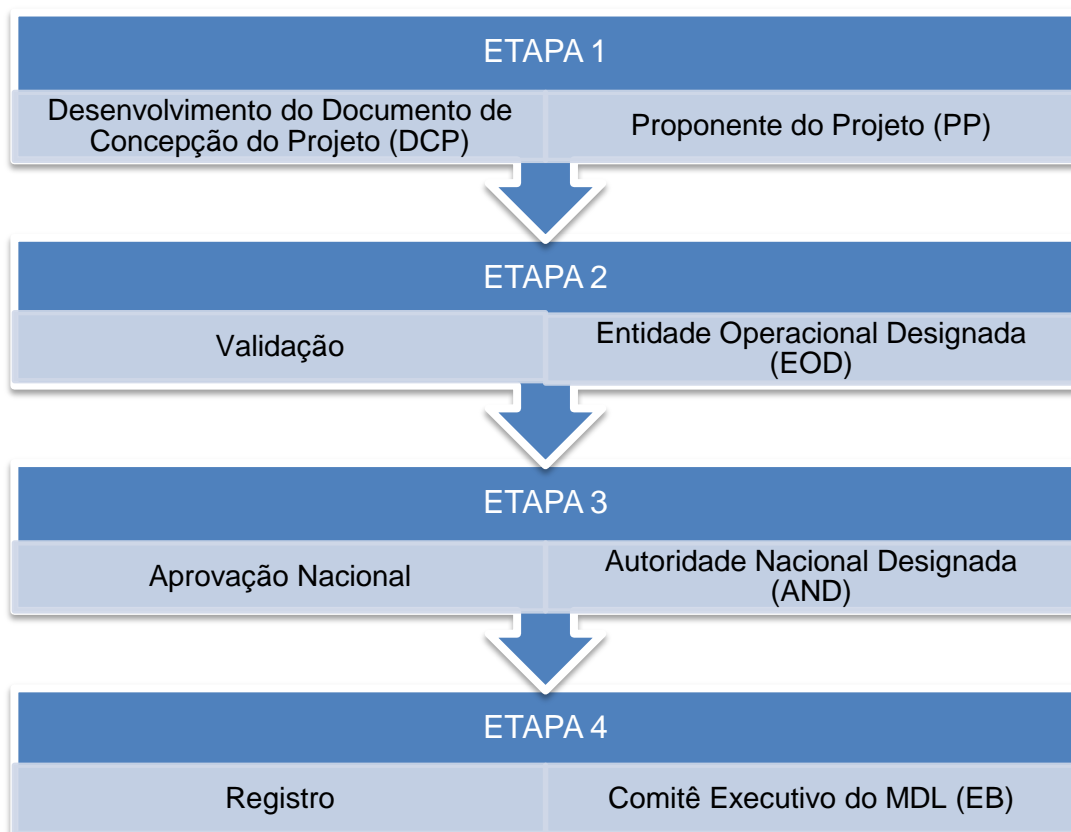
Para que um determinado projeto seja elegível ao MDL é preciso que o mesmo atenda a alguns critérios fundamentais descritos no Protocolo de Quioto, de acordo com o Decreto nº 5.445 (BRASIL, 2005):

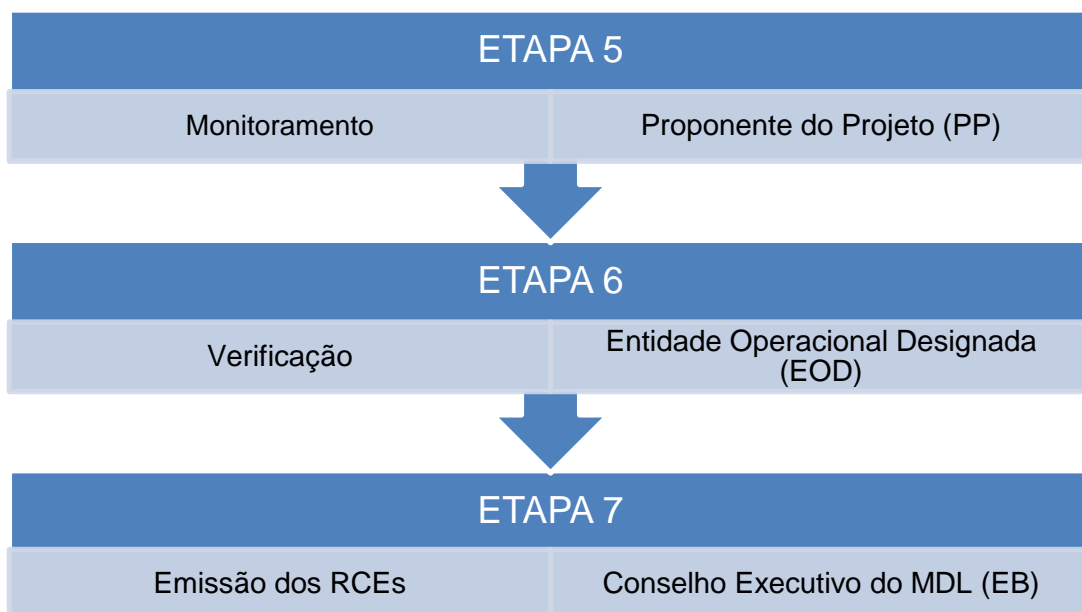
- a) Participação voluntária aprovada pelas partes envolvidas;
- b) Benefícios reais, mensuráveis e de longo prazo relacionados com a mitigação da mudança do clima;
- c) Reduções de emissões que sejam adicionais às que ocorreriam na ausência da atividade certificada de projeto.

Neste último, é necessário que seja traçado um cenário de referência, ou seja, a construção de uma linha de base, onde estabelece-se previamente um patamar a partir do qual será calculada a diferença de emissão em comparação a ausência da atividade do projeto.

Para que um projeto no âmbito do MDL resulte em RCEs é necessário que o mesmo passe pelas sete etapas do ciclo do projeto, conforme FIGURA 1.

FIGURA 1 – CICLO DE DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO DE MDL E RESPONSABILIDADES





FONTE: BRASIL, Ministério da Ciência e Tecnologia (2014, p. 2).

É fundamental que os projetos desenvolvidos envolvam a substituição de energia de origem fóssil, racionalização do uso da energia, atividades de reflorestamento e florestamento⁵, tratamento de dejetos, serviços urbanos mais eficientes, entre outros. A redução das emissões de gases de efeito estufa e a remoção de CO₂ da atmosfera decorrentes das atividades dos projetos são medidas em toneladas de dióxido de carbono. Cada tonelada de dióxido de carbono removida e a cada redução nas emissões de GEE corresponderá a uma unidade de RCEs, emitida pelo Conselho Executivo do MDL (BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2009, p. 26).

As RCEs possibilitam que, além de cumprir as suas metas, o proponente de um determinado projeto no âmbito do MDL, tenha a oportunidade de receber o benefício integral da venda das RCEs, popularmente conhecidas como “créditos de carbono”, pelo preço de mercado, como já tem ocorrido por meio de negociações privadas ou no âmbito da BM&F Bovespa S.A, no caso brasileiro (BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2009, p. 27).

No Brasil, a avaliação dos projetos de MDL é responsabilidade da Comissão Interministerial de Mudanças Globais de Clima (CIMGC), cuja Secretaria Executiva e

⁵ Florestamento é a conversão induzida diretamente pelo homem, de terra que não foi florestada por um período de pelo menos 50 anos em terra florestada, por meio de plantio, semeadura e/ou a promoção induzida pelo homem de fontes naturais de sementes. Reflorestamento é a conversão, induzida diretamente pelo homem, de terra não-florestada em terra florestada por meio de plantio, semeadura e/ou a promoção induzida pelo homem de fontes naturais de sementes, em área que foi florestada, mas convertida em terra não-florestada em 31 de dezembro de 1989 (MCT, 2001, p.61).

Presidência são exercidas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2009, p. 90). Até 2014, o Brasil ocupava o 3º lugar em número de atividades de projetos, apresentando 4% do total mundial, sendo superado apenas pela China e pela Índia, e contabilizando cerca de 4,8% em termos de estimativa de reduções de emissões associadas aos projetos no ciclo do MDL (BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2014, p. 3).

A indústria de Energia é o setor que mais atrai investimentos e projetos de MDL, liderando com cerca de 55% dos projetos nacionais, seguido por tratamento e eliminação de resíduos (23%) e agricultura (16%), de acordo com classificação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC) (BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2014, p. 5). Ainda de acordo com Brasil - Ministério da Ciência e Tecnologia (2011), os aterros sanitários correspondiam a um percentual de 7,5%, contabilizando cerca de 36 projetos de MDL (BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2011, p. 7).

O primeiro projeto brasileiro implantado no âmbito do MDL foi em 2004, denominado NovaGerar, no município de Nova Iguaçu no Rio de Janeiro, com a finalidade de geração de energia elétrica a partir do aproveitamento do biogás produzido nos aterros sanitários. Este plano de melhoria local propiciou tratar de forma adequada o biogás gerado no aterro sanitário, minimizando os impactos ambientais, e contribuindo, também, para a redução das emissões de metano diretamente na atmosfera.

Cabe ressaltar que projetos, como o NovaGerar, além de reduzir as emissões de GEE, possibilitam o reaproveitamento dos resíduos sólidos urbanos depositados em aterros sanitários. Em face a este cenário, a adequada gestão pública torna-se uma ferramenta elementar para a elaboração de diretrizes que garantam o devido tratamento para os resíduos sólidos urbanos.

3 A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL

Desde a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro em 1992, conhecida como ECO-92, a gestão sustentável de resíduos sólidos tornou-se um tema importante no combate ao aquecimento global e as mudanças do clima. A agenda 21 é um marco importante na esfera mundial porque propõe uma série de ações que buscam o desenvolvimento sustentável a médio e a longo prazo. Criada em 1992, na ECO-92, a Agenda 21 consiste em um documento assinado por 179 países membros da ONU, que delibera acerca de métodos de proteção ambiental, eficiência econômica e justiça social, incluindo a mobilidade mundial em razão da prevenção da geração de resíduos sólidos, a reutilização e a reciclagem, o tratamento, a disposição final adequada e a recuperação de áreas degradadas por práticas irregulares de descarte dos resíduos (ONU, 1995).

Segundo Jacobi e Besen (2011, p. 135), são prioridades em prol da gestão saudável a redução de resíduos em suas fontes geradoras e a redução da disposição final no solo, a maximização do reaproveitamento, da coleta seletiva e da reciclagem, com a inclusão socioprodutiva de catadores e a participação da sociedade, a compostagem e a recuperação de energia. Tais medidas são de extrema importância para a preservação do patrimônio natural e ambiental, além de atender às necessidades básicas da população e proporcionar uma melhor qualidade de vida. Desta forma, marca-se o estabelecimento de novas prioridades em relação à gestão de resíduos sólidos que envolvam a atuação direta e indireta do governo, do setor industrial e da sociedade.

A partir disto, origina-se a Agenda 21 Brasileira, Coordenada pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável (CPDS) entre 1996 e 2002. A Agenda 21 Brasileira é um importante instrumento de planejamento que visa o desenvolvimento sustentável e que tem como eixo central a sustentabilidade, harmonizando a conservação ambiental, a justiça social e o crescimento econômico nacional (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2015, não p.). Esse documento tem sido usado para a formulação de políticas públicas no Brasil e na elaboração da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Neste contexto, neste capítulo é apresentada uma síntese da Política Nacional de Resíduos Sólidos e um panorama da gestão de

resíduos sólidos no Brasil, bem como a inter-relação destes com a geração de biogás.

3.1 QUESTÃO INSTITUCIONAL

A implementação da Agenda 21 Brasileira possibilitou que a temática dos resíduos sólidos se tornasse peça importante para o tratamento dos problemas ambientais no Brasil. Contudo, o país carecia de um instrumento legal que pudesse estabelecer diretrizes aplicáveis a fim de orientar estados e municípios na adequada gestão destes resíduos (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2015, não p.).

A partir desta lacuna institucional surge a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), criada pela Lei nº 12.305, de 2010 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 2010, cujos objetivos estão pautados no combate aos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2015, não p.). Todavia, a construção do aparato legal sobre os resíduos sólidos que originaria a PNRS se iniciara ainda na segunda metade do século XX, com a criação da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), através da Lei 6.938 (BRASIL, 1981). A PNMA tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida bem como o controle e zoneamento de atividades poluidoras como, por exemplo, o tratamento e destinação de resíduos industriais líquidos e sólidos (BRASIL, 1981).

Em 1988, a Constituição Federal (BRASIL, 1988) tratou deliberadamente da questão ambiental, ao enfatizar a importância da conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição (SILVA, 2013, p. 48). O artigo 23, capítulo II, atribui a competência à União, aos estados, ao distrito federal e aos municípios a responsabilidade de proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas (BRASIL, 1988), conferindo a estes entes autonomia para elaboração de normas e leis que atendessem ao disposto na Constituição de acordo com as necessidades locais.

Posteriormente, no final do século XX, cria-se a Lei 9.605 (BRASIL, 1998), em 12 de fevereiro de 1998, que impõe sanções penais e administrativas a condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, considerando ato criminal ambiental o lançamento inadequado de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos

ou substâncias oleosas. Esta lei, também conhecida como Lei de Crimes Ambientais, é a primeira Lei que criminalizou condutas nocivas ao meio ambiente, atos que, anteriormente, eram tratados como contravenções penais (PICON, 2015, não p.).

A partir de então, cabe destacar a Resolução nº 308 de 21 de março de 2002, do Conselho Nacional do Meio ambiente (CONAMA), e a NBR 10.004 (ABNT, 2004). O primeiro trata-se de um órgão criado a partir da Lei 6.938 (BRASIL, 1981), cuja finalidade é estudar e propor normas e diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais, que estabelece critérios e procedimentos para o licenciamento ambiental de aterro sanitário em municípios de pequeno porte. O segundo estabelece critérios de classificação para os resíduos sólidos quanto a sua periculosidade ao meio ambiente e à saúde pública.

Em 2007, cria-se a Lei 11.445 (BRASIL, 2007), também conhecida como Política Nacional de Saneamento Básico, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. O artigo 2º, capítulo I, caracteriza como serviço público de saneamento básico abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente (BRASIL, 2007).

No entanto, apesar de existirem normas que tratam da temática dos resíduos sólidos, até 2010 ainda não havia um instrumento legal no Brasil que estabelecesse diretrizes gerais aplicáveis aos resíduos sólidos a fim de orientar os estados e os municípios na adequada gestão desses resíduos (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2015, não p.). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) trata-se de um complexo instrumento que prioriza a busca pelo desenvolvimento sustentável baseado na proteção da saúde pública e da qualidade ambiental, disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos e adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas (BRASIL, 2010).

A PNRS incumbe aos estados, ao Distrito Federal e aos municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados nos respectivos territórios. O Plano Nacional de Resíduos Sólidos, elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente, tem como objetivo principal diagnosticar a atual situação dos resíduos sólidos, elaborar metas de redução, reutilização, reciclagem e reaproveitamento energético e, de forma geral, traçar normas e diretrizes para o controle e fiscalização dos resíduos no âmbito nacional.

Uma vez a cargo do Distrito Federal, estados e municípios a gestão dos resíduos sólidos, os Planos Estaduais e Municipais de Resíduos Sólidos permitem o acesso a recursos da União, ou por ela controlados, a fim de financiar empreendimentos e serviços destinados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2010, não p.). Para tanto, é fundamental que as governanças municipais, distrital e estaduais identifiquem e quantifiquem o volume de resíduos sólidos gerados, em termos de origem e caracterização, para a destinação final correta dos resíduos.

Em suma, a Política Nacional de Resíduos Sólidos visa à conscientização de todos os segmentos sociais, tanto no âmbito nacional, estadual e municipal, incluso o Distrito Federal, a respeito da gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos. Um panorama da gestão dos resíduos sólidos urbanos no Brasil é apresentado na próxima seção.

3.2 PANORAMA DA GESTÃO DE RESÍDUOS URBANOS BRASILEIRA

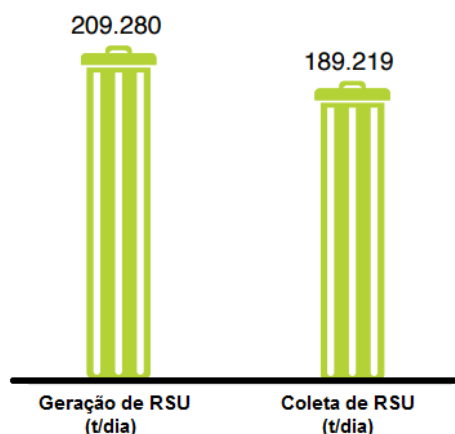
A quantidade de resíduos sólidos gerados nas sociedades atuais evidencia não apenas a relação com a capacidade econômica para consumir, mas também com os valores e hábitos de vida da população, determinantes do grau de disposição para a realização do consumo (GODECKE, 2012, p. 1701). De acordo com Godecke, Naime e Figueiredo (2012, p. 1700), a geração de resíduos, impulsionada por fatores econômicos e comportamentais, sofre também a influência de fatores populacionais, como crescimento populacional e sua concentração nas áreas urbanas.

No Brasil, a geração total de resíduos sólidos urbanos em 2013 foi de 76.387.200 toneladas, 4,1% maior em relação ao ano anterior, acompanhando a taxa de crescimento populacional que foi de 3,7% no mesmo período (ABRELPE, 2013, p. 28). A geração *per capita* de resíduos sólidos urbanos em 2013 foi de cerca de 374,8 kg por ano por habitante contra 359,5 kg por ano por habitante em 2009.

A quantidade coletada em 2013 foi de 189.219 toneladas por dia, ou seja, das 209.280 toneladas geradas por dia no país, cerca de 20.000 toneladas deixaram de ser coletadas (GRÁFICO 1) (ABRELPE, 2013, p. 29). Em comparação com 2009, período anterior a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, registra-se que

cerca de 6.752.928 toneladas de resíduos sólidos urbanos não foram coletados e tiveram destino inadequado (ABRELPE, 2009, p. 30-31).

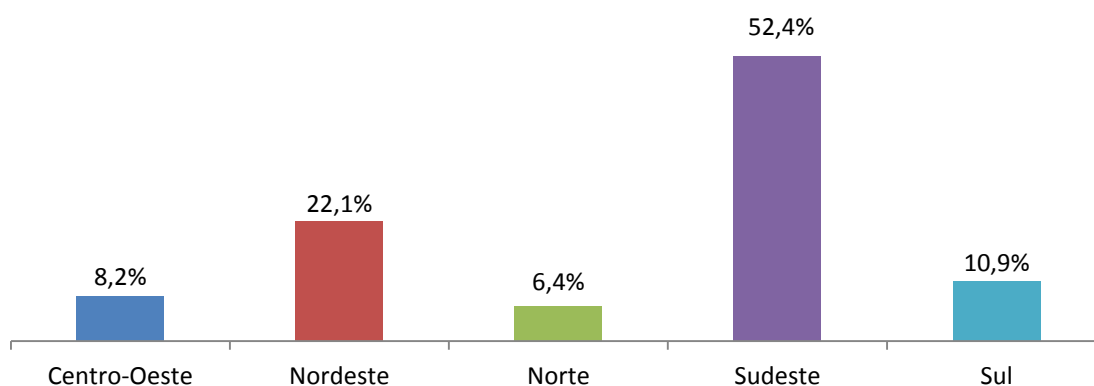
GRÁFICO 1 – GERAÇÃO E COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO ANO DE 2013 (T/DIA)



FONTE: Adaptada de ABRELPE (2013, p. 3).

A implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, em 2010, preocupou-se principalmente com a adequada disposição final dos resíduos sólidos, uma vez que o inadequado manejo pode resultar em problemas de saúde pública e ambientais, tais como enchentes, transmissão de doenças, poluição do sono, ar e água. Em 2013, cerca de 58,26% do total de resíduos coletados diariamente recebiam o adequado destino final, apresentando crescimento de 0,28% em comparação ao ano de 2012 (ABRELPE, 2013, p. 31). A região sudeste merece destaque, porque responde por 52,4% do total de resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil (GRÁFICO 2).

GRÁFICO 2 – PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DAS REGIÕES BRASILEIRAS NO TOTAL DE RSU COLETADOS EM 2013



FONTE: Preparado pela autora com base em ABRELPE, 2013.

A região apresenta também o maior percentual de cobertura dos serviços de coleta (97%), em 2013, e o maior índice per capita de coleta de resíduos sólidos urbanos, cerca de 1,173 kg por habitante por dia, e a maior quantidade gerada, cerca de 48,8% do volume total gerado no país. A abrangência dos serviços de coleta no país atinge 90,41% do território (ABRELPE, 2013, p. 41).

A Lei 12.305 (BRASIL, 2010) caracteriza a coleta seletiva como um dos instrumentos aplicáveis à PNRS, devendo a mesma ser implementada por Planos Estaduais e Municipais de Resíduos Sólidos. Ainda de acordo com a Lei, a coleta seletiva busca assegurar o tratamento final adequado aos resíduos por meio da segregação na fonte geradora dos resíduos de acordo com as suas constituições e composições. Em 2013, aproximadamente 62% do território nacional registrava o uso da coleta seletiva, sendo liderado pela região sudeste, 82,6%, e em último pela região centro-oeste, 33,8% (ABRELPE, 2013, p. 30).

Em comparação a 2009, período anterior à criação da Lei 12.305 (BRASIL, 2010) que estabelece incentivos as iniciativas de coleta seletiva, apenas 56,6% do território nacional havia implementado a ferramenta de coleta seletiva (ABRELPE, 2009, p. 33). Ou seja, a Lei 12.305 (BRASIL, 2010) possibilitou que o grau de importância da coleta seletiva ascendesse e crescesse cerca de 5,4%, comparando os anos de 2009 e 2013.

Os sistemas de coleta seletiva tornaram-se importantes instrumentos para a preservação do meio ambiente, redução da exploração de recursos naturais renováveis e não renováveis, conscientização ambiental e melhorias nos processos de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Todavia, todos os resíduos urbanos, exceto os resíduos recicláveis secos⁶ utilizados na coleta seletiva, são destinados a aterros sanitários, aterros controlados e lixões (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2015, não p.).

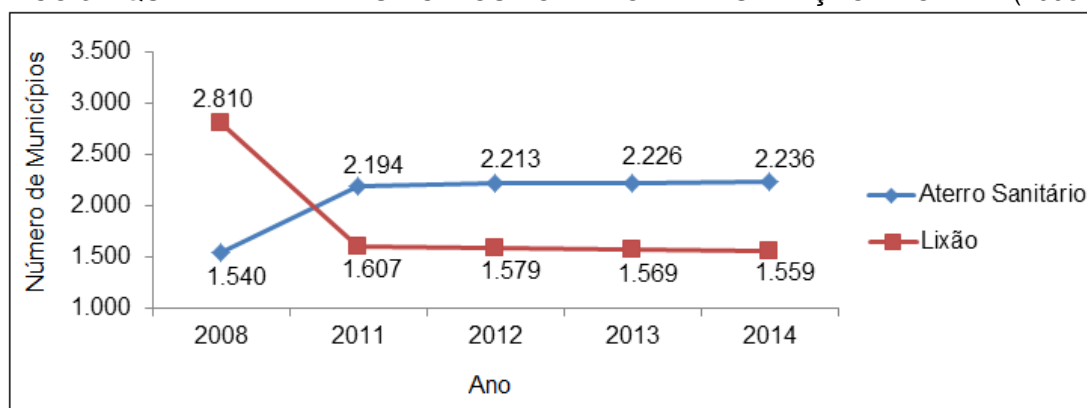
Os aterros sanitários são locais preparados para receber os resíduos sólidos urbanos com a impermeabilização do solo e sistemas de drenagem de gases, a fim de captar o gás metano, liberado pela decomposição da matéria orgânica, e impedir o vazamento do chorume. Os aterros controlados, por sua vez, tratam-se de locais onde os resíduos são dispostos de forma controlada e cobertos com o solo, porém

⁶ Os resíduos recicláveis secos são compostos, principalmente, por metais (como aço e alumínio), papel, papelão, tetrapak, diferentes tipos de plásticos e vidro. (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2015).

não possuem sistemas de captação do gás metano e do chorume. Os lixões são vazadouros a céu aberto, nos quais os resíduos são depositados sem qualquer tipo de tratamento adequado (COMPERJ, 2016, não p.).

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico⁷ (IBGE, 2008), apenas 1.540 dos 5.564⁸ municípios destinavam os resíduos sólidos coletados a aterros sanitários, enquanto 2.810 municípios destinavam a vazadouros a céu aberto (IBGE, 2008, p. 162). Em 2013, o número de municípios que utilizaram os aterros sanitários, como destinação final de resíduos sólidos, aumentou para 2.226 e, em contrapartida, o número de municípios a utilizarem os vazadouros a céu aberto, tipo de destinação extremamente prejudicial ao meio ambiente, foi de 1.569 (ABRELPE, 2013, p. 44). O GRÁFICO 3 mostra a evolução no número de municípios segundo o tipo de destinação adotada entre os anos de 2008 e 2014⁹.

GRÁFICO 3 – QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS POR TIPO DE DESTINAÇÃO ADOTADA (2008-2014)



FONTE: Preparado pela autora com base em IBGE (2008, p. 162) e ABRELPE (2014, p.43).

No ano de 2014, cerca de 113.975 toneladas por dia de resíduos sólidos urbanos foram destinadas a aterros sanitários, cerca de 9,34% superior ao ano de 2011 (ABRELPE, 2014, p. 43). Este grande volume de resíduos sólidos urbanos destinados diariamente a aterros sanitários evidencia a importância da criação de instrumentos que minimizem os impactos ambientais em decorrência, principalmente, da liberação de gás metano e do vazamento do chorume.

⁷ Elaborada em 2008 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em conjunto com o Ministério das Cidades, a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) busca avaliar os serviços de abastecimento de águas, esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais e de resíduos sólidos.

⁸ Número de municípios conforme Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2008.

⁹ Para os anos de 2009 e 2010 não foram encontrados dados pertinentes ao assunto.

Neste sentido, a necessidade de reaproveitamento dos gases gerados pela decomposição da matéria orgânica, principalmente o gás metano e o dióxido de carbono, pode permitir que o biogás se torne uma importante alternativa no aprimoramento da matriz energética nacional, e uma solução para o problema da geração e destinação adequada dos RSU. O capítulo a seguir apresenta o biogás e sua intrínseca relação com os resíduos sólidos urbanos no Brasil.

3.3 BIOGÁS E RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A população brasileira é de cerca de 205.688.150¹⁰ pessoas e que, somada a 6,4 milhões de estabelecimentos (SEBRAE, 2015, não p.), geram cerca 78 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos por ano (ABRELPE, 2014, p. 28). Em meio a este cenário é imprescindível que, além da coleta seletiva, existam também mecanismos que reaproveitam os resíduos sólidos urbanos destinados a aterros sanitários. Uma vez dispostos em aterros sanitários, os RSU serão decompostos e passarão por dois processos, a decomposição aeróbica e a anaeróbica. É durante o processo de decomposição anaeróbica que os microrganismos atuam na transformação da matéria orgânica nos gases metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), principalmente. Esta mistura de gases compõe o biogás (FIGUEIREDO, 2011, p. 20).

Devido ao alto custo dos processos de tratamento de resíduos faz-se premente buscar alternativas que viabilizem a implantação de projetos desta natureza (GASPAR¹¹; OSÉS, 2007 apud DIAS et al., 2013). A partir disto, o reaproveitamento energético do biogás surge com o intuito de minimizar os impactos negativos da emissão dos gases oriundos da decomposição da matéria orgânica. Os gases gerados na decomposição contribuem para o aquecimento global por meio do efeito estufa e causam danos à saúde humana e a vegetação, como, por exemplo, doenças respiratórias e poluição do solo e ar.

Entretanto, é preciso que se considerem as possíveis restrições de ordem ecológica, econômica e tecnológica.

¹⁰ População projetada pelo IBGE para o dia 29/03/16 às 20h30.

¹¹ GASPAR, R. M. B. L; OSÉS, J. E. R. Avaliação do perfil do pequeno e médio investidor adequado à modalidade de fundo de investimento financeiro, em longo prazo, com agregador de valor. **Revista Ciências Sociais em Perspectiva**, Cascavel -PR, v. 10, n. 6, p.149-162, 2007

As restrições ecológicas estão associadas à preservação do meio ambiente e à qualidade de vida. As limitações econômicas são analisadas em dois níveis. Em primeiro lugar, é necessário saber se a biomassa a ser explorada energeticamente não tem outros usos mais econômicos (industrial ou alimentício). Em segundo lugar, se todos os custos da biomassa explorada são compatíveis com os benefícios energéticos e comparáveis com os demais combustíveis. Finalmente, as restrições tecnológicas se devem à existência ou não de processos confiáveis e operações para conversão da biomassa em combustíveis de uso mais geral (CORTEZ; LORA; GOMÉZ, 2008, p. 18).

O aproveitamento energético do biogás permite que se gere energia a partir de uma fonte renovável pouco explorada, abundante e barata (COPEL, 2016, não p.). Segundo o Balanço Energético Nacional (BRASIL. Ministério de Minas e Energia, 2015, p. 16), 74,6% da oferta interna de energia elétrica brasileira é originada de fontes renováveis¹², porém apenas 7,3% deste percentual é oriundo da biomassa. A utilização da biomassa como fonte de energia renovável permite maior diversificação na matriz energética nacional, alavancagem nos ganhos de escala, competitividade industrial nos mercados internos e externos e, sobretudo, maior competitividade econômico-energética de projetos de geração que utilizem fontes limpas e sustentáveis (PROINFA, 2015, não p.). É, neste contexto, que se destaca a importância da utilização do biogás gerado em aterros sanitários no Brasil, que passou de um subproduto indesejado obtido pela decomposição anaeróbia da matéria orgânica para uma fonte eficiente de energia e que, no âmbito do desenvolvimento sustentável, reduz a emissão de gases do efeito estufa (FIGUEIREDO, 2011).

O aproveitamento energético do biogás a partir de um aterro sanitário compreende as etapas de: extração e tratamento do biogás, a implantação de um sistema de queima de flares e a utilização de um motor ou turbina para a conversão do combustível em energia elétrica (ICLEI, 2009). Segundo o Manual do Aproveitamento do Biogás (ICLEI, 2009, p. 27), a primeira etapa consiste na extração do biogás a partir de drenos verticais e horizontais, filtros e sopradores. Nesta etapa é preciso cuidado especial a fim de se evitar que partículas de sujeira indevidas permaneçam neste processo, por este motivo o biogás passar por um soprador que gera uma pressão negativa e, através de uma força motriz, extraí o

¹² Energia hidráulica, lenha e carvão vegetal, derivados da cana de açúcar e outras renováveis (BEN, 2016).

biogás e, por último, passa por um filtro que remove as partículas indesejadas arrastadas junto ao gás.

Após ser devidamente extraído e filtrado o biogás é encaminhado para a queima controlada em flare ou para os sistemas de aproveitamento energético, que utilizam flares enclausurados, que processam a queima do biogás e são responsáveis pelo envio do gás para os sistemas de geração de energia ou outras finalidades de reaproveitamento antes da queima. A terceira e última etapa consiste no reaproveitamento energético do biogás extraído, o mesmo pode ser utilizado para iluminação a gás, uso veicular, energia térmica e energia elétrica.

As tecnologias utilizadas para converter o biogás em energia térmica são a de ciclo a vapor e tratamento do Chorume. A primeira consiste na utilização de uma caldeira para a produção de vapor e posterior aproveitamento do mesmo para processos industriais, aquecimento direto ou geração de energia elétrica. A segunda, por sua vez, utiliza o biogás como combustível para a separação entre a parte líquida e a parte concentrada no chorume, a parte concentrada retorna ao aterro enquanto a parte é líquida é utilizada na geração de nova energia térmica (ICLEI, 2009, p. 33-35).

A energia elétrica, por sua vez, utiliza a microturbina e o motor de combustão interna como principais tecnologias de conversão energética. Ambos os métodos utilizam a alta pressão e velocidade do gás para a produção de energia elétrica, por meio da expansão dos gases quentes formados pelas explosões dentro dos processos. Embora algumas destas alternativas ainda sejam recentes no Brasil e apresentam barreiras a suas aplicações em grande escala (ICLEI, 2009, p. 31-33) é essencial que se incentive cada vez mais projetos que reaproveitem energeticamente os resíduos sólidos urbanos.

Os projetos de reaproveitamento energético do biogás em aterros sanitários tiveram início após a década de 70 em decorrência da crescente preocupação com a crise do petróleo e seus derivados (MARTINS, 1977, p. 5). Em virtude deste cenário tornou urgente o desenvolvimento de experimentos que buscassem diversificar a matriz energética nacional. Segundo Muylaert¹³ (2000, apud LANDIM; AZEVEDO, 2008), um dos projetos pioneiros na coleta de biogás foi implementado no aterro

¹³ MUYLAERT, M. S. **Consumo de energia e aquecimento do planeta – Análise do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – do Protocolo de Quioto – Estudos de Caso**. Rio de Janeiro: Editora da Coppe, 2000.

sanitário do Caju em 1977, no estado do Rio de Janeiro, com o apoio da Companhia Estadual de Gás (CEG) e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (COMLURB). Após ser extraído e filtrado o biogás era adicionado ao gás craqueado de nafta¹⁴ que abastecia a cidade do Rio de Janeiro. O projeto durou cerca de 10 anos e, em seus últimos anos o biogás extraído era utilizado para o abastecimento de taxis (LANDIM; AZEVEDO, 2008).

De acordo com o Manual do Aproveitamento do Biogás (ICLEI, 2009, p. 38), embora os projetos de reaproveitamento energético precisem ser economicamente viáveis é imprescindível que se leve em conta a necessidade de reduzir os gases do efeito estufa. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), desenvolvido com o intuito de incentivar projetos que reduzam e mitiguem as mudanças climáticas, atua neste cenário como uma importante ferramenta propulsora da responsabilidade ambiental e sustentável, principalmente no que concerne a concessão de créditos de carbono.

No Brasil, existem cerca de 46 projetos de MDL no setor de resíduos sólidos e aterros no Brasil, sendo que, 28 projetos destes projetos estão registrados junto a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (CQNUMC) e estão habilitados para gerar Reduções Certificadas de Emissões (RCE), também conhecido como crédito de carbono. Dos 28 projetos de MDL registrados junto a CQNUMC apenas 22 projetos incluem a geração de eletricidade a partir do biogás (ABRELPE, 2013, p. 11).

Segundo documentário¹⁵ apresentado pela National Geographic (2010), uma tonelada de resíduos produz 200 litros de gás metano, quantidade suficiente para gerar energia para uma residência por cerca de uma hora. Os projetos de MDL em aterros sanitários no Brasil possuem o potencial de redução de emissões de 12,1 milhões de toneladas de CO₂ equivalentes por ano (tCO₂e) (ABRELPE, 2013, p. 8). Segundo estudo¹⁶ desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente, em conjunto com a empresa Arcadis Tetraplan, estima que em 2016 reduza-se em 10,5 milhões a emissão de CO₂ à atmosfera, e se gere cerca de 271 MW de potência instalada por

¹⁴ Uma das principais matérias-primas na indústria petroquímica, a Nafta possui destilação semelhante a da gasolina e é utilizada na produção do gás canalizado doméstico (SARAIVA, 2015, não p.).

¹⁵ Documentário Megacidades: São Paulo – Aterro Bandeirantes exibido em 2010.

¹⁶ Estudo sobre o potencial de geração de energia a partir de resíduos de saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

meio do reaproveitamento energético do biogás, energia esta suficiente para abastecer uma população de 4,9 milhões de habitantes (TABELA 1) (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2010, p. 12).

TABELA 1 – POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ¹⁷ A PARTIR DE RESÍDUOS DE SANEAMENTO PARA OS ANOS DE 2016 A 2020, BRASIL

Ano	MW	Biogás (Nm3/ano)	tCO₂e/ano
2016	271	1.404.535.435	10.571.095
2017	265	1.370.708.392	10.316.500
2018	262	1.355.885.500	10.204.937
2019	261	1.351.118.538	10.169.059
2020	258	1.322.321.457	9.952.320

FONTE: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (2010, p. 12).

Ainda de acordo com o estudo, a tendência é que ao longo dos anos se reduza o aproveitamento energético do biogás haja vista a implementação efetiva de práticas previstas na Política Nacional de Resíduos Sólidos de recuperação de materiais, logística reversa, reciclagem e, principalmente, a intensificação da prática da compostagem (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2010, p. 40). Ademais, os projetos de produção de energia a partir do biogás promovem melhorias ambientais significativas sem necessitar de investimentos massivos, visto a exploração não demandar desapropriações, reassentamentos e o uso alternativo do solo (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2010, p. 41).

O reaproveitamento energético do biogás permite que se gere ganhos financeiros, através dos créditos de carbono, e ambientais, pois utiliza-se um subproduto pouco explorado e com grande potencial energético. A seção seguinte apresenta a experiência de reaproveitamento energético do biogás implantada no aterro Bandeirantes, em São Paulo.

¹⁷ Para quantificar o potencial de geração de energia foram considerados 56 locais de disposição de resíduos.

4 ESTUDO DE CASO: ATERRO BANDEIRANTES

A conversão energética do biogás em fonte de energia alternativa garantiu especial atenção aos resíduos sólidos urbanos dispostos em aterros sanitários. Uma vez que apresenta custos decrescentes de produção e a possibilidade de inserção do projeto no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Dos 46 projetos de MDL, no setor de resíduos sólidos e aterros no Brasil, 22 projetos incluem o aproveitamento energético do biogás, com destaque para os aterros Bandeirantes e São João que, juntos, respondem por mais de 2% de toda a energia elétrica consumida na cidade de São Paulo, cuja geração de energia é de cerca de 1,2 milhões de MWh (ABRELPE, 2013, p. 13).

O aterro Bandeirantes é um dos maiores do mundo (BIOGÁS SA, 2015¹⁸, não p.) e possui a primeira usina termoeletrica de produção de energia a partir do biogás no Brasil, a Usina Termoeletrica Bandeirantes (UTEB), considerada a maior do mundo em seu segmento e está em operação desde o ano de 2003 (ITAÚ, 2016, não p.). A iniciativa proporcionou ao aterro Bandeirantes ser o primeiro no Brasil cujas RCEs, recebidas pela redução na emissão dos gases metano e dióxido de carbono, foram leiloadas na Bolsa BM&F Bovespa em 2007 (SÃO PAULO. Prefeitura Municipal de São Paulo, 2008, não p.).

A partir disto, optou-se por realizar um estudo de caso acerca da produção de biogás no aterro sanitário de Bandeirantes. Este capítulo apresenta uma análise sobre o potencial produtivo e a viabilidade econômica da produção de biogás a partir do aterro sanitário de Bandeirantes. A primeira seção apresenta uma breve caracterização do aterro sanitário e em seguida a análise do potencial produtivo e a avaliação econômica do projeto.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

O aterro Bandeirantes iniciou suas atividades em 1976 e operou até março de 2007, recebendo cerca de 7 mil toneladas de resíduos por dia (BIOGÁS SA,

¹⁸ Data de consulta do documento.

2015¹⁹). Localizado na vila Perus, km 26 da Rodovia dos Bandeirantes, na cidade de São Paulo (FIGURA 2).

FIGURA 2 – LOCALIZAÇÃO E VISTA AÉREA DO ATERRO SANITÁRIO BANDEIRANTES



FONTE: UNFCCC (2012, p. 5).

O aterro possui cerca de 140 hectares²⁰ e durante o período de funcionamento armazenou cerca de 30 milhões de toneladas de resíduos (TABELA 2) (OLIVEIRA, 2015, não p.). A Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP) concedeu em 2001 à Biogás Energia Ambiental S.A. o direito de explorar o biogás gerado no aterro Bandeirantes pelo prazo de 15 anos, podendo ser renovado por mais 15 anos (IPEA, 2007).

¹⁹ Data de consulta do documento.

²⁰ 1.400.000 m² e aproximadamente 100 metros de altura (OLIVEIRA, 2015).

TABELA 2 – QUANTIDADE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DEPOSITADOS POR ANO NO ATERRO BANDEIRANTES NO PERÍODO DE 1978 A 2007

Ano	Resíduos Depositados (t/ano)	Ano	Resíduos Depositados (t/ano)	Ano	Resíduos Depositados (t/ano)
1978	0	1988	1.283.852	1998	2.142.325
1979	37.450	1989	977.852	1999	2.305.464
1980	229.040	1990	1.206.964	2000	1.964.424
1981	231.408	1991	1.224.954	2001	2.043.617
1982	313.633	1992	1.508.817	2002	2.082.855
1983	321.956	1993	1.377.148	2003	1.993.371
1984	325.585	1994	1.616.710	2004	1.965.347
1985	408.887	1995	1.823.170	2005	1.594.350
1986	801.366	1996	1.971.651	2006	1.974.799
1987	1.017.866	1997	1.992.386	2007	489.627

FONTE: UNFCCC (2012, p. 40).

A Biogás S.A. é composta pelas empresas Heleno & Fonseca Construtécnica S.A., Arcadis Logos Energia S.A. e Van Der Wiel, responsáveis pela operação do aterro, planejamento do projeto de aproveitamento energético do biogás e fornecimento de equipamentos e tecnologias, respectivamente. Em 2003 inaugurou-se a Usina Termoelétrica Bandeirantes (UTEB) a partir da parceria entre a Biogás Energia Ambiental S.A., a Prefeitura Municipal de São Paulo e o banco Unibanco, que passou a utilizar o biogás extraído do aterro para a produção de energia elétrica (FUNCEB, 2007, p.1).

Cabe salientar a importância do Programa Paulista de Biogás, criado pelo Governo do estado de São Paulo através do decreto Nº 58.659 (SÃO PAULO, 2012), cujo objetivo é o incentivo a ampliação da participação de energias alternativas em sua matriz energética e que impulsionou a construção da Usina Termoelétrica Bandeirantes. O projeto da UTEB foi o primeiro no Brasil a produzir energia em escala comercial a partir do gás de aterro e o primeiro a gerar créditos de carbono (GONÇALVES JUNIOR et al, 2010, p. 6).

O projeto possui vida operacional de 21 anos (CRUZ; PAULINO, 2010, não p.) e todo biogás extraído do aterro é fornecido exclusivamente à Usina Termoelétrica Bandeirantes. A energia elétrica gerada pela UTEB é enviada a rede da AES Eletropaulo S.A., que realizará a distribuição da eletricidade à região metropolitana da cidade de São Paulo (SOUZA; KIQUMOTO, 2007 apud SAMPAIO, 2007). De acordo com Souza e Kikumoto (2007 apud SAMPAIO, 2010), a energia

gerada não é comercializada diretamente, parte é consumida pelas instalações do Banco Itaú Unibanco, financiador do projeto, e o restante é comercializado pela Biogeração S.A., produtora independente de energia, administrada pelo Unibanco.

Os créditos de carbonos gerados pelo investimento são divididos entre a Prefeitura Municipal de São Paulo e a Biogás S.A., conforme acordo de licitação para a exploração do biogás (IPEA, 2007, não p.). O acordo estabelecia a cessão de 50% dos RCEs gerados para a PMSP e os outros 50% dos RCEs para a Biogás S.A. (IPEA, 2007). Os créditos de carbonos obtidos pela Prefeitura Municipal de São Paulo são vendidos na Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo Bovespa²¹ (BM&FBOVESPA) e a receita gerada é depositada no Fundo Especial de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (FEMA) (SÃO PAULO. Prefeitura Municipal de São Paulo, 2012). O objetivo do FEMA é o desenvolvimento de projetos socioambientais no entorno do aterro, a fim de minimizar os impactos causados ao meio ambiente e a comunidade (SÃO PAULO. Prefeitura Municipal de São Paulo, 2015). Por sua vez, os créditos pertencentes à Biogás S.A. são vendidos ao Banco alemão Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), a partir de um contrato firmado entre as partes, cujas cláusulas são de natureza privada (IPEA, 2011). O objetivo do banco KfW ao adquirir estes RCEs é repassar os mesmos a empresas, situadas em países em desenvolvimento, comprometidas com o Protocolo de Quioto a fim de ajudá-las a alcançar suas metas de redução de emissões.

Desta forma, conhecer o potencial produtivo do aterro Bandeirantes permite avaliar os impactos econômicos gerados a partir da exploração e aproveitamento energético do Biogás. A próxima seção apresenta uma análise do potencial produtivo do aterro Bandeirantes.

4.2 POTENCIAL PRODUTIVO

Segundo estudo realizado pelo convênio FEALQ²² (Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz), em conjunto com o Ministério do Meio Ambiente, municípios com mais de um milhão de habitantes apresentam maior potencial médio

²¹ Em maio de 2008, a Bolsa de Valores de São Paulo (Bovespa) e a Bolsa de Mercadorias e Futuros (BM&F) fundiram-se, dando origem a BM&FBOVESPA (BM&FBOVESPA, 2016).

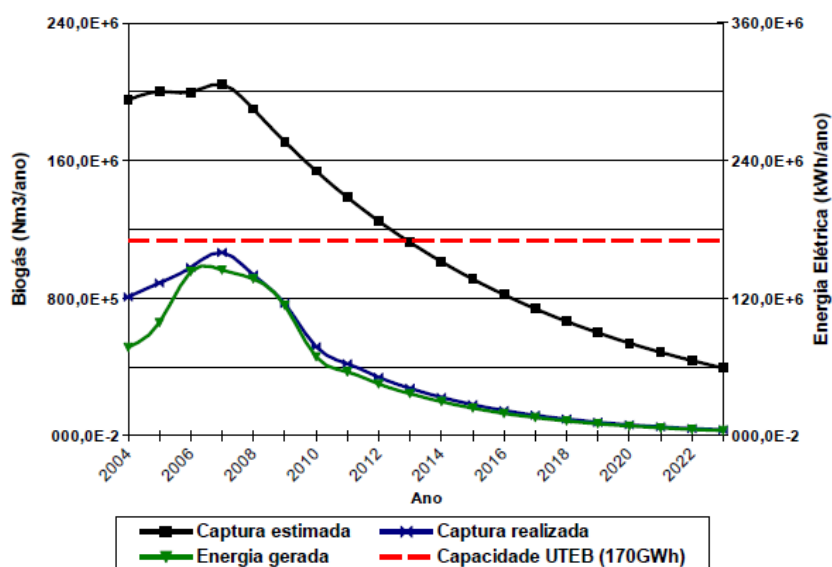
²² BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Estudo do potencial da geração de energia renovável proveniente dos “aterros sanitários” nas regiões metropolitanas e grandes cidades do Brasil**. Brasília, 2004.

de geração de energia elétrica a partir de aterros, em função da quantidade de resíduos gerados, cerca de 19,5 MW (2004, apud OLIVEIRA; GOMES, 2009, p. 29). O estado de São Paulo gera cerca de 22 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano e cerca de 76,8% dos resíduos coletados são encaminhados à aterros sanitários da região (ABRELPE, 2014, p. 77).

A partir de 2003 o biogás gerado no aterro sanitário de Bandeirantes passou a ser direcionado para a Usina Termoelétrica Bandeirantes (UTEB), situada dentro do complexo do aterro (FUNCEB, 2007, p. 1). O aterro Bandeirantes possui capacidade instalada de 22 MWh, capaz de produzir até 170.000 MWh/ano de energia elétrica, suficiente para abastecer uma população de 400 mil habitantes por 10 anos, energia esta produzida pela UTEB (BIOGÁS SA, 2015).

O GRÁFICO 4 apresenta as curvas de captura de biogás estimada, captura de biogás realizada, geração de energia elétrica realizada, e a capacidade de geração de energia da UTEB, fixada em 170.000 MWh/ano²³. O projeto de geração de biogás no Aterro Bandeirantes, com duração de 21 anos, previa inicialmente que até o ano de 2012 a UTEB operaria com o potencial máximo de 170.000 MWh/ano e que, após esta data, a curva de captura de biogás estimada ficaria abaixo da linha de capacidade de geração de energia da UTEB (COSTA JUNIOR, 2012, p. 71).

GRÁFICO 4 – CAPTURA DE BIOGÁS ESTIMADA, CAPTURA EFETIVA, ENERGIA GERADA E CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DA UTEB, 2004 A 2022



FONTE: COSTA JUNIOR (2012, p. 71).

²³ Esse valor refere-se aos 24 motogeradores CAT3516-A de 925 kW da planta de energia, trabalhando a 90% da capacidade e durante 8.560 h/ano, conforme dados do PDD-0164 (COSTA JUNIOR, 2012, p. 70).

Entretanto, verifica-se que a quantidade de biogás capturada ficou abaixo da quantidade estimada e que a geração de energia teve seu ápice de produção no início de funcionamento da UTEB, diferentemente do que previa o projeto inicial (COSTA JUNIOR, 2012, p. 71). Durante sua vida útil a usina não atingiu o potencial máximo estimado e em 2012 a capacidade de produção era de 60.000 MWh/ano, inferior à estimada originalmente (COSTA JUNIOR, 2012, p. 71). Após 2008, a geração de energia decaiu exponencialmente devido ao aumento da degradação da matéria orgânica ao passar os anos.

Desta forma, apesar de os resultados serem positivos, é possível verificar que as reduções apuradas são inferiores as estimadas pelo PBGAGE. Este fato não invalida o projeto e não gera nenhuma penalidade às entidades participantes do projeto, uma vez que se mantém a característica de adicionalidade, ou seja, o projeto promove as reduções de emissões o que não ocorreria em sua ausência (SAMPAIO, 2010, p. 80-81). A diferença encontrada pode ocorrer devido a limitações na disponibilidade de dados precisos, na quantidade de resíduos e de sua composição e disposição, o que afeta o potencial de geração de biogás.

Logo, é possível concluir que as metodologias²⁴ existentes para estimar o potencial produtivo de biogás em aterros sanitários apresentam diferenças ao serem comparadas com a produção real. De acordo com Pedott e Aguiar (2014, p. 205), no caso do aterro Bandeirantes verificou-se que as emissões verificadas são 51,2% menores que as previstas no PDD-0164 no período de 2004 a 2010 (TABELA 3). Em virtude disto, observam-se discrepâncias entre o potencial produtivo de biogás previsto no projeto de concepção do PBGAGE e o potencial real verificado, o que deturpa o efetivo resultado do projeto.

TABELA 3 – ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E A CAPTAÇÃO REAL NO ATERRO BANDEIRANTES, 2004 A 2010

Ano	Estimativa de Emissões (tCO ₂) calculada pela metodologia UNFCCC ACM0001- rev 02	Emissões verificadas (tCO ₂)
2004	748.625	506.063
2005	1.086.919	552.069
2006	1.364.960	612.173
2007	1.236.153	726.764
2008	1.120.182	586.770

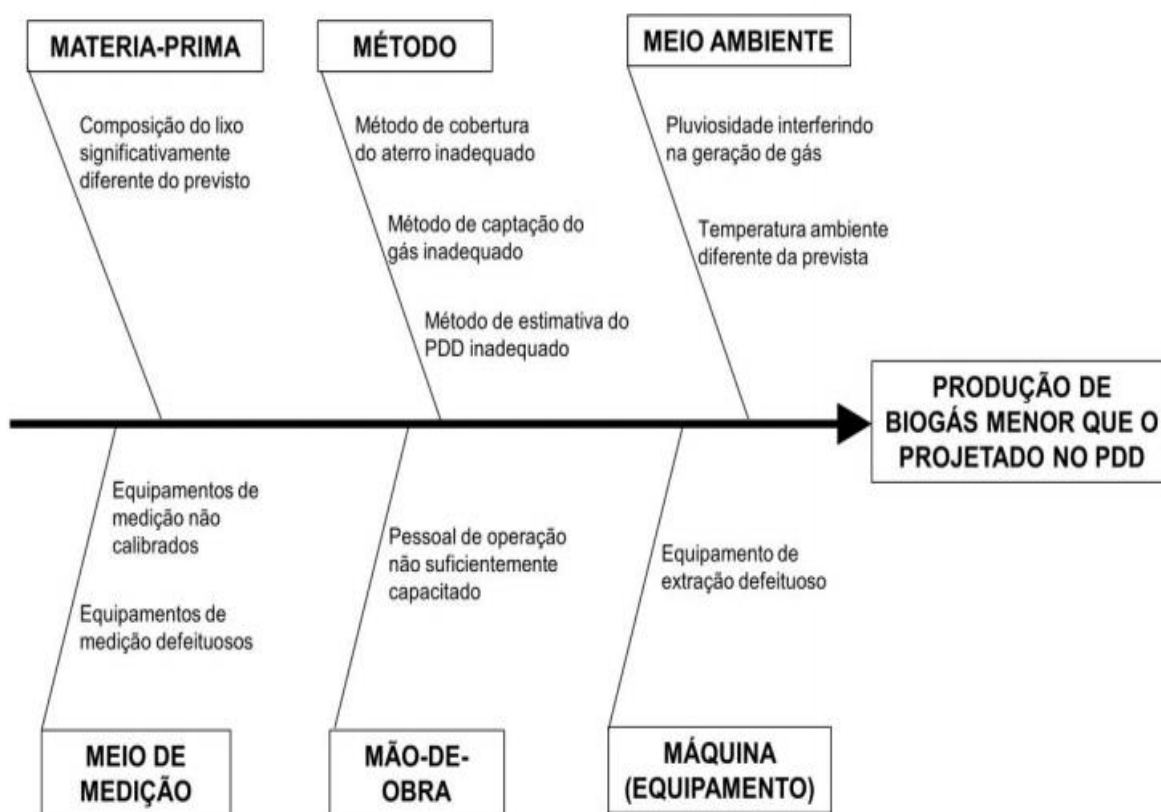
²⁴ Sendo as três principais: metodologia do IPCC, metodologia do Banco Mundial (Modelo Scholl Canyon) e metodologia da UNFCCC (ARCADIS, 2010).

2009	1.015.780	375.248
2010	921.782	304.232

FONTE: PEDOTT E AGUIAR (2014, p. 204).

Este fato faz com que hajam perdas financeiras, visto que o projeto não vai gerar os créditos de carbono previstos inicialmente no PBGAGE. Ainda segundo Pedott e Aguiar (2014, p. 206), estas discrepâncias evidenciam a necessidade de novas metodologias de mensuração, uma vez que as existentes apresentam pontos a serem melhorados (FIGURA 3). Desta forma, os autores destacam a importância da inclusão de fatores ambientais, modo de operação do aterro e composição gravimétrica nas metodologias de cálculo do potencial produtivo de biogás.

FIGURA 3 – POTENCIAIS CAUSAS DA DIFERENÇA ENTRE O POTENCIAL PRODUTIVO ESTIMADO E O REAL



FONTE: PEDOTT E AGUIAR (2014, p. 207).

O Projeto Bandeirantes de Gás de Aterro e Geração de Energia (PBGAGE) evitou a emissão de cerca de 3,6 milhões de toneladas de carbono à atmosfera, entre os anos de 2004 a 2012 (UNFCCC, 2012, p. 8). A TABELA 4 mostra evolução do total de reduções de emissões de dióxido de carbono após os primeiros anos de funcionamento da usina termoeletrica Bandeirantes.

TABELA 4 – TOTAL DE REDUÇÕES DE EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE EM TONELADA POR ANO, DE 2004 A 2012

Ano	Reduções de emissões (tCO₂e)
2004	506.063
2005	552.069
2006	612.173
2007	726.764
2008	586.770
2009	375.248
2010	313.766
2011	361.517
2012	307.960

FONTE: Preparado pela autora com base em UNFCCC (2012, p. 8).

O projeto prevê ainda a redução de 1 milhão de toneladas de carbono, entre os anos 2013 a 2017 (TABELA 5) (UNFCCC, 2012, p. 9). Segundo Mendes (2015²⁵), o estado de São Paulo emite em média cerca de 15 milhões de toneladas de carbono por ano, valor equivalente ao emitido por alguns países da Europa, como Eslovênia e Lituânia²⁶ (DEEPASK, 2010, não p.).

TABELA 5 – ESTIMATIVA DO TOTAL DE REDUÇÕES DE EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE EM TONELADA POR ANO, DE 2013 A 2017

Ano	Reduções de emissões (tCO₂e)
2013	267.353
2014	235.791
2015	210.627
2016	190.054
2017	169.040

FONTE: Preparado pela autora com base em UNFCCC (2012, p. 9).

Em suma, sob a ótica do potencial produtivo do projeto, é imprescindível a utilização de ferramentas que mensurem de forma fiel a capacidade de geração de biogás do aterro, não somente para o aterro Bandeirantes, mas também para que outros projetos sejam desenvolvidos. A seção a seguir apresenta uma avaliação econômica dos impactos oriundos do aproveitamento energético do biogás com base no potencial produtivo do mesmo.

²⁵ Ano de consulta do documento.

²⁶ 15.328,06 e 13.560,57 milhões de toneladas de dióxido de carbono, respectivamente (DEEPASK, 2010, não p.).

4.3 AVALIAÇÃO ECONÔMICA

A teoria econômica busca constantemente determinar formas eficientes e sustentáveis para a utilização de recursos naturais (SOUZA, 2008, p. 1). O esgotamento dos recursos ambientais demanda transformações nas esferas econômica, social e política a fim de se minimizar as externalidades negativas. Para tanto, é imprescindível que se leve em consideração o reaproveitamento de recursos já utilizados, como medida economicamente sustentável.

Para a teoria econômica, o conceito de externalidades é definido pela imposição de um efeito externo causado a terceiros gerado em uma relação de produção, consumo ou troca (LONGO²⁷, 1983 apud SOARES, 1999, p. 13). Ou seja, a interação de agentes econômicos no mercado gera consequências benéficas ou maléficas a indivíduos alheios ao processo (SOARES, 1999, p. 13).

A emissão descontrolada do biogás dos aterros sanitários à atmosfera geram externalidades negativas ao meio ambiente e as pessoas, uma vez que causa a poluição do ar, proliferação de vetores de doença, contaminação da água e do solo pelo chorume, entre outros. Neste cenário, estas externalidades negativas podem ser reduzidas pelo aproveitamento energético do biogás por ter como pré-requisito o condicionamento adequado dos resíduos (OLIVEIRA; GOMES, 2009, p. 30).

O sistema econômico interage constantemente com o meio ambiente, ao lhe extrair recursos naturais e devolver resíduos, em um processo de absorção de matéria e descarte na forma de rejeitos (ANDRADE; ROMEIRO, 2011, p. 6). Neste sentido, o aproveitamento do biogás de aterro incentiva o uso de tecnologias alternativas e se torna uma opção rentável e ecologicamente correta para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos presentes nos aterros sanitários brasileiros (OLIVEIRA; GOMES, 2009, p. 31).

A aplicação deste sistema no aterro sanitário Bandeirantes permitiu que se implantassem projetos socioambientais através do ganho financeiro oriundo da venda dos créditos de carbono. Os RCEs adquiridos pelo Projeto Bandeirantes de Gás de Aterro e Geração de Energia (PBGAGE) são divididos entre a Prefeitura Municipal de São Paulo e a Biogás S.A., sendo 50% para cada (IPEA, 2007, não p.).

²⁷ Cf. LONGO, C. A. **Economia do setor público**. São Paulo: Editora Atlas, 1993.

A comercialização dos RCEs pertencentes à Biogás Energia Ambiental S.A. é realizada através de um contrato bilateral entre a empresa e a instituição financeira alemã KfW Bankken Group (PEDOTT, 2014, p. 60). De acordo com o contrato firmado os RCEs gerados são repassados ao banco KfW ao valor de € 10,00 por crédito de carbono gerado (PEDOTT, 2014, p. 60).

A Prefeitura Municipal de São Paulo, por sua vez, realizou 3 leilões junto a Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo (BM&FBOVESPA) a fim de vender os créditos de carbono adquiridos. A PMSP arrecadou cerca de R\$ 62 milhões, sendo arrecado no 1º, 2º e 3º leilão, respectivamente, R\$ 34 milhões, R\$ 23,5 milhões e R\$ 4,5 milhões (SÃO PAULO. Prefeitura Municipal de São Paulo, 2012, não p.). De acordo com São Paulo - Prefeitura de São Paulo, os leilões ocorrem de forma virtual e é necessário o cadastro prévio, bem como a apresentação de garantias financeiras. O preço mínimo de venda é definido por uma fórmula baseada na média das últimas cinco cotações de créditos de carbono do mercado europeu (SÃO PAULO. Prefeitura Municipal de São Paulo, 2012). A cotação das RCEs nos três leilões realizados pela Prefeitura Municipal de São Paulo foi de € 16,20, €19,20 e € 3,3 por RCE, respectivamente²⁸ (TABELA 6).

TABELA 6 – DADOS DO 1º, 2º E 3º LEILÃO REALIZADOS PELA PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO, 2007 A 2012

Leilão	1º	2º	3º
Data	26/09/2007	25/09/2008	12/06/2012
RCEs emitidas pelo PBGAGE	1.649.238	926.859	1.084.549
RCEs pertencentes à PMSP	808.450	454.343	531.642
Organizadora	BM&F	BM&F Bovespa	BM&F Bovespa
Participantes	14	8	5
Comprador	Fortis Bank NV/SA	Mercuria Energy Trading SA	Mercuria Energy Trading SA
País do comprador	Alemanha	Suíça	Suíça
Preço pago (€)	16,20	19,20	3,30
Cotação Euro/Real	2,65	2,70	2,565
Valor arrecadado (R\$)	34.706.758,50	23.553.141,12	4.500.083,70

FONTE: Preparado pela autora com base em SÃO PAULO. Prefeitura Municipal de São Paulo (2012).

De acordo com o assessor especial da Secretaria Municipal de Finanças e coordenador do terceiro leilão, Wagner Croce, a cotação do euro é influenciada pelo cenário econômico Europeu, que, nos últimos anos, têm atravessado por uma crise

²⁸ Valores obtidos através da Prefeitura Municipal de São Paulo (2012) e Diário do Comércio (2007).

da dívida pública, e forçado às questões ambientais a ficarem em segundo plano (PINHO, 2012, não p.). Ainda de acordo com Wagner Croce, apesar do mercado de carbono ser promissor não há expectativas de recuperação deste mercado no curto prazo até que a Zona do Euro se estabilize economicamente. Consequentemente, este cenário influenciará diretamente as receitas futuras oriundas da venda dos créditos de carbono, visto os mesmos serem componentes importantes da viabilidade do PBGAGE.

Os valores arrecadados pela PMSP são direcionados ao Fundo Especial de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (FEMA), instrumento de proteção e melhoria ambiental, e aplicados em projetos socioambientais de recuperação das áreas em torno dos aterros (SÃO PAULO. Prefeitura Municipal de São Paulo, 2015). Criado em 2001, o fundo é gerido pelo Departamento de Participação e Fomento a Políticas Públicas (DPP), responsável por avaliar, orientar e supervisionar os planos, programas e projetos (SÃO PAULO. Prefeitura Municipal de São Paulo, 2015).

Desta forma, o Projeto Bandeirantes de Gás de Aterro e Geração de Energia torna-se um importante instrumento econômico, uma vez que visa minimizar as externalidades oriundas do descarte dos rejeitos ao aproveitar energeticamente o biogás produzido. Assim, os gases poluidores que se perdiam para a atmosfera, contribuindo para o aquecimento global, geram energia elétrica, créditos de carbono e beneficiam o meio ambiente e a comunidade (JUSTI; MOLITERNO, 2008).

Para que o projeto seja economicamente viável é preciso que o custo de oportunidade exceda os custos dos investimentos. Ou seja, o projeto será viável financeiramente se a taxa interna de retorno for superior à taxa mínima de atratividade (TMA). O investimento inicial para a construção da UTEB foi de cerca de 60 milhões de reais, sendo 20 milhões oriundos da empresa Biogás S.A. e 40 milhões financiados pelo banco Itaú Unibanco (IPEA, 2007, não p.).

De acordo com o documento de concepção do PBGAGE (UNFCCC, 2010, p. 18), estimou-se que a taxa interna de retorno (TIR) do projeto de exploração do biogás do aterro Bandeirantes, sob coordenação da Biogás S.A., era de 12,94%²⁹ ao final da vida útil do projeto (ANEXO I). E a TIR relativa à geração de energia elétrica

²⁹ Para mais informações acerca do cálculo da taxa interna de retorno do projeto de exploração do biogás do aterro Bandeirantes vide ANEXO I.

a partir do biogás capturado, realizada pela Biogeração S.A., era de 15,6%³⁰ (ANEXO II). Ao se comparar o indicador financeiro TIR à remuneração dos títulos públicos governamentais³¹, na ocasião de concepção do projeto, de 23,3%, o projeto não seria economicamente e financeiramente viável (UNFCCC, 2010, p. 18).

Entretanto, tais cálculos não contabilizam as receitas oriundas das vendas dos RCEs, devido ao fato dos mesmos serem imprecisos a época de concepção do projeto (UNFCCC, 2010, p. 17). Para tanto, utilizou-se as receitas obtidas pela venda dos créditos de carbono pertencentes a Biogás S.A.³², a fim incluir tais variáveis no cálculo da TIR. Neste cálculo, não foram incluídas as receitas obtidas pela Prefeitura Municipal de São Paulo, visto a mesma ser a proprietária do aterro Bandeirantes.

Desta forma, a nova TIR encontrada para o projeto de exploração do biogás, do aterro bandeirantes, é de 56,9%³³, cerca de 4 vezes maior que a TIR inicial do projeto (ANEXO III). Este índice mede a atratividade do projeto e é essencial para o desenvolvimento do mesmo. Logo, o PBGAGE mostrou-se financeiramente aceitável, devido a sua TIR ser superior a taxa mínima de atratividade³⁴ (TMA). Ou seja, ao se incluir a variável financeira dos créditos de carbono o projeto tornou-se viável financeiramente e mais atrativo.

Cabe salientar que a UTEB opera abaixo do potencial de geração de biogás originalmente estimado, o que faz com que, conseqüentemente, as RCEs geradas sejam inferiores as estimadas. Quanto ao cálculo da TIR do projeto de energia cabe salientar que uma vez que a energia gerada é utilizada para abastecer os prédios administrativos do Itaú Unibanco, não há ganhos financeiros. Cabe destacar que o projeto não gera RCEs e muitas das informações financeiras da empresa são sigilosas.

Os ganhos financeiros e a reduções oriundas do PBGAGE permitem que o projeto de aproveitamento energético do biogás seja replicável a outros potenciais aterros. Este fato pode incentivar o setor produtivo nacional a investir em tecnologias

³⁰ Para mais informações acerca do cálculo da taxa interna de retorno do projeto de geração de energia a partir do biogás extraído do aterro Bandeirantes vide ANEXO II.

³¹ Investimento com baixo risco também considerado o custo de oportunidade no Brasil (UNFCCC, 2010).

³² Para o cálculo da receita das vendas das RCEs pertencentes à Biogás S.A. utilizou-se o preço pago de € 10,00 e a cotação Euro/Real praticada nos leilões da PMSP.

³³ Para mais informações acerca do cálculo da taxa interna de retorno do projeto de exploração do biogás do aterro Bandeirantes vide ANEXO III.

³⁴ Neste caso, considerou-se como TMA a remuneração dos títulos públicos governamentais.

que supram a demanda interna por equipamentos, peças e mão de obra e que venham a competir com o mercado internacional. Uma vez que a maioria dos custos do PBGAGE são oriundos da manutenção dos equipamentos³⁵ e dos custos operacionais com a folha de pagamento dos funcionários (GONÇALVES JUNIOR et al, 2010 apud COSTA JUNIOR, 2012).

A tecnologia empregada no aproveitamento energético do biogás também depende do mercado internacional, uma vez que grande parte dos equipamentos e das peças são importados (ESPIRITO SANTO FILHO, 2013, p. 113-114). Apesar de haver alguns fabricantes destes equipamentos no Brasil, grande parte dos equipamentos são fabricados em matrizes no exterior, e sobre os mesmos incidem impostos, despesas com transportes e taxas alfandegárias (ESPIRITO SANTO FILHO, 2013, p. 113-114). Esta barreira tecnológica dificulta a implantação e o desenvolvimento de projetos de aproveitamento de gás de aterro e desestimula os investidores nacionais visto a carência de tecnologias apropriadas para o aproveitamento do biogás a nível nacional.

A demanda por mão de obra qualificada constitui outra importante variável que incide diretamente sobre os custos do projeto. O PBGAGE buscou valorizar a mão de obra nacional ao investir em treinamentos e reduzir os subempregos relacionados ao manejo dos resíduos (UNFCCC, 2010). Desta forma, o PBGAGE gerou novas oportunidade de trabalho direta e indiretamente, principalmente aos habitantes circunvizinhos ao aterro.

De acordo com Silva (2006, p. 48), a inclusão de profissionais no mercado de trabalho aumenta a renda local e a arrecadação de impostos, porém, em contrapartida, podem existir barreiras na contratação destes trabalhadores, uma vez que muitos não estão acostumados ao mercado de trabalho formal. O PBGAGE não possui dados oficiais da quantidade de empregos gerados, porém informa que devido as frequentes obras de manutenção realizadas no aterro e nos equipamentos utilizados é gerada uma “quantidade considerável” de empregos (UNFCCC, 2010).

O projeto PBGAGE também contribuiu para o aquecimento da economia local, uma vez que permitiu a interação de diferentes setores da economia, desde manutenção, construção, assistência técnica ao de serviços (PAVAN, PARENTE, 2014, p. 5). A movimentação destes setores é uma atitude importante para a

³⁵ Custos da manutenção dos motogeradores como, por exemplo, troca de óleo, filtros, peças defeituosas e instalações.

economia local, pois faz uso inteligente e eficiente da mão de obra ofertada e de seus serviços, ao passo que eleva a renda na comunidade.

Outro benefício oriundo do aproveitamento energético do biogás é o estreitamento da Parceria Público-Privada (PPP). A PPP permite que o Estado, a fim de ampliar seus investimentos em setores básicos sem comprometer seus recursos, recorra ao setor privado para a implementação de projetos (ROCHA; TAVARES, 2008, p. 6). No caso do PBGAGE, o project finance realizado entre o setor público e o setor privado possibilitou o financiamento e o desenvolvimento do projeto, e o seu pagamento é realizado por meio das receitas geradas pelo projeto (OLIVEIRA; SILVA; SOUZA, 2009).

O Project finance foi financiado pelo Itaú Unibanco que, em 2006, transferiu à Biogeração os direitos sobre 50% da geração elétrica da Usina Bandeirantes, permitindo a comercialização da energia excedente ao consumido pelo banco (OLIVEIRA; SILVA; SOUZA, 2009, p. 10). Em suma, a Prefeitura Municipal de São Paulo concedeu por meio de licitação o direito de exploração do biogás gerado no aterro para a Biogás S.A. que, por sua vez, vende parte do biogás extraído para a Biogeração S.A., responsável pela geração de energia. Neste sentido, a replicabilidade do PBGAGE pode constituir um incentivo às parcerias com agentes privados, ampliando o escopo das PPPs (ROCHA; TAVARES, 2008, p. 11). E, sob a ótica dos benefícios sociais, percebesse que em virtude das EPPs as oportunidades diretas e indiretas de emprego se expandem, pois se faz uso de uma gama maior de profissionais em todas as etapas envolvidas do PBGAGE.

Os benefícios ambientais são os pilares centrais do PBGAGE, o objetivo principal do projeto é o desenvolvimento sustentável, garantindo assim a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento social. O PBGAGE permitiu que apenas 0,01% do metano extraído do aterro Bandeirantes fosse liberado à atmosfera, ao passo que, na ausência do projeto seria emitido cerca de 80% (MACHADO, 2015, p. 192). Desta forma o projeto evita a emissão dos gases do efeito estufa e contribui para o combate ao aquecimento global.

Após a implantação do projeto, a população residente ao redor do aterro, cerca de 120 mil, que convivia com a poluição, forte cheiro de gás, moscas, ratos e outros animais, passou a disponibilizar de um ambiente mais limpo e adequado tratamento dos resíduos (ITAÚ, 2016, não p.). Benefícios estes que só foram possíveis mediante o desenvolvimento do projeto.

Os recursos obtidos pelo FEMA através da venda dos créditos de carbono pela PMSP foram aplicados em projetos sociais³⁶, como a urbanização da Bacia Bamburral, construção de praças públicas e ciclovias, coleta seletiva e instalação de ecopontos, centro de formação socioambiental do Parque Anhanguera, e intervenção sócio-urbanística no Córrego do Fogo (ANEXO V) (JUSTI; MOLITERNO, 2008, p. 81-82). Estes projetos proporcionaram o aumento nas oportunidades de empregos e contribuíram para a valorização dos imóveis e terrenos na região, beneficiando a comunidade como um todo.

O sucesso do PBGAGE evidência a importância do desenvolvimento de projetos que aliem benefícios financeiros, sociais e ambientais. A utilização do biogás do aterro sanitário Bandeirantes não apenas ajudou a mitigar a emissão de gases do efeito estufa e melhorou a qualidade de vida da população, como também destacou a importância da utilização de fontes alternativas de energia. Abriu-se espaço para que o biogás se tornasse uma variável essencial na matriz energética brasileira, principalmente em substituição aos recursos naturais não renováveis.

Segundo Lustosa e Vinha (2003, p. 136-172) os instrumentos de política ambiental, de acordo com a economia do meio ambiente, foram criados para internalizar o custo externo ambiental, sendo eles: comando e controle (C&C), de comunicação e instrumentos econômicos. Nos instrumentos de comando e controle se caracteriza pela implantação de regras e padrões a serem obedecidos pela sociedade e seus agentes. Os instrumentos de comunicação atuam na conscientização, informação e educação dos agentes (LUSTOSA; VINHA, 2003, p. 136-172). Por fim, os instrumentos econômicos têm como objetivo induzir mudanças no comportamento dos agentes em relação ao meio ambiente, por meio de estímulos monetários ou financeiros para a ação voluntária dos agentes responsáveis, com a finalidade de melhorar a qualidade ambiental (HEMPEL, 2008, p. 102).

No caso do aterro Bandeirantes, os instrumentos de comando e controle foram desempenhados pelo Programa Paulista de Biogás (SÃO PAULO, 2012), a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) e o Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFRA) (BRASIL, 2004), que estimulam a doação, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como

³⁶ Para maiores informações acerca dos projetos desenvolvimentos pelo FEMA consultar ANEXO V.

forma de minimizar impactos ambientais, incluindo o aproveitamento energético do biogás.

Os instrumentos de comunicação são medidas importantes de educação ambiental, que ressaltam a importância da replicação do PBGAGE, não somente em relação ao benefício financeiro, mas também aos benefícios sociais e ambientais. A televisão, os jornais, a internet e o rádio são, muitas vezes, responsáveis por difundir muitas destas informações, exaltando o sucesso do investimento. Cabe destacar que, em 2008, o Itaú Unibanco foi o vencedor do 4º Prêmio Brasil Ambiental – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo –, concedido pela Câmara Americana de Comércio do Rio de Janeiro (AmCham Rio), com base nos resultados econômicos, sociais e ambientais oriundos da Usina Termoeletrica Bandeirantes (ITAU, 2008, não p.).

Um dos tripés da política ambiental são os instrumentos econômicos que buscam influenciar o comportamento dos agentes econômicos e corrigir as falhas de mercado. Dois importantes instrumentos econômicos merecem destaque por sua atuação no PBGAGE, são eles a Parceria Público-Privada (PPP) e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). A Parceria Público-Privada entre a Prefeitura Municipal de São Paulo, o Itaú Unibanco Holdings S.A. e a Biogás S.A. foi uma tríade essencial para que o PBGAGE fosse implantado. Esta parceria evidencia a importância da aliança entre o setor privado e público no desenvolvimento de projetos benéficos ao meio ambiente e a sociedade, pois serve de exemplo para que novos projetos sejam implantados nos mesmos moldes e que possam aproveitar o biogás produzido nos aterros brasileiros.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), por sua vez, propiciou que a aliança oriunda da PPP gerasse ganhos financeiros pela venda dos créditos de carbonos. Este instrumento foi crucial para o sucesso do projeto, pois somente quando se inclui a receita das vendas dos RCEs que o projeto de aproveitamento energético do biogás no aterro Bandeirantes passa a ser viável financeiramente. Ademais, por mais que um projeto seja rentável financeiramente o mesmo precisa estar inserido em um MDL para a geração de RCEs.

Em resumo, o PBGAGE contribuiu para a sustentabilidade ambiental e valorização da mão de obra local, para a geração de novos empregos, para o desenvolvimento de novas tecnologias e para a melhora na qualidade de vida da população circunvizinha ao aterro. Desta forma o aterro sanitário Bandeirantes,

passou de um passivo ambiental altamente negativo para um importante instrumento de política ambiental, cujos benefícios são estendidos às esferas política, socioeconômica e ambiental. O sucesso do PBGAGE tornou-o modelo a ser seguido por futuros projetos em potenciais aterros sanitários no Brasil.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As consequências dos estilos de vida e, especificamente, da produção cada vez maior de resíduos sólidos urbanos e do esgotamento dos recursos não renováveis, são temas importantes para a economia ecológica na busca por formas mais eficientes e sustentáveis para a utilização de recursos naturais. O conceito econômico de “consumo verde” evidencia a importância do uso de tecnologias alternativas, a utilização consciente de recursos naturais e o desenvolvimento de um mercado cada vez mais “verde”.

Neste cenário, surge o Projeto Bandeirantes de Gás de Aterro e Geração de Energia (PBGAGE) como importante ferramenta na utilização de resíduos urbanos descartáveis dos processos de produção e de consumo para a geração de fontes de energias alternativas. O PBGAGE foi desenvolvido em 2003, através de uma parceria entre a Prefeitura de São Paulo, O banco Itaú Unibanco e a Biogás S.A., e se tornou o primeiro projeto desenvolvimento no Brasil nesta modalidade e o maior no mundo em estrutura.

O biogás gerado no aterro Bandeirantes é extraído pela empresa Biogás S.A., que por sua vez, o vende à Biogeração S.A., empresa do grupo do Itaú Unibanco. Esta última é responsável pela geração da energia elétrica e repassa a mesma para os prédios administrativos do Itaú Unibanco e o excedente para a AES Eletropaulo S.A. Ainda, O PBGAGE, é o primeiro projeto brasileiro, desenvolvido em um aterro sanitário, inserido no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), do Protocolo de Quioto. Ou seja, o projeto recebe créditos de carbono por cada emissão de dióxido de carbono evitada com o aproveitamento energético do biogás.

Desta forma, o projeto se torna uma importante ferramenta na utilização de um recurso altamente disponível, os resíduos sólidos urbanos, ao mesmo tempo em que gera energia através de uma fonte de energia limpa. Cabe salientar que os créditos de carbonos obtidos pelos projetos são divididos igualmente entre a Prefeitura Municipal de São Paulo e a Biogás S.A. Os créditos obtidos pela Biogás S.A. são revendidos para países e empresas que buscam alcançar suas metas de reduções conforme estabelecido pelo Protocolo de Quioto.

A Prefeitura Municipal de São Paulo, por sua vez, vende os créditos de carbono através da Bolsa de Mercadorias e Valores (BM&FBOVESPA) e utiliza a

renda originada para investimento em projetos de cunho socioambientais. As receitas obtidas são empregadas no desenvolvimento de projetos no entorno do aterro, a fim de minimizar os impactos causados ao meio ambiente e a comunidade, pelo aterro sanitário Bandeirantes.

Desta forma, o desenvolvimento do Projetos Bandeirantes não permitiu apenas o ganho financeiro, por meio das vendas dos créditos de carbono, mas também possibilitou a melhora na qualidade de vida da população circunvizinha ao aterro, a valorização dos imóveis da região, a melhoria e a proteção do meio-ambiente como um todo, a criação de novas oportunidades de trabalho e o desenvolvimento de novas tecnologias para suprir as demandas do projeto.

Sob a ótica do potencial produtivo do projeto, verificou-se que as emissões evitadas, até 2012, foram de cerca de 3,6 milhões, valor inferior à previsão no documento original de concepção do projeto. Tal resultado evidencia a importância do desenvolvimento de metodologias que calculem com maior exatidão o potencial produtivo do biogás e a quantidade de emissões evitadas, visto que a diferença apresentada pode ser ocasionada pela ausência de fatores ambientais, modo de operação do aterro e composição gravimétrica nas metodologias de cálculo.

Outro ponto importante em relação ao cálculo do potencial produtivo para o projeto é que, uma vez identificadas discrepâncias entre o potencial calculado originalmente e o potencial real, este fato impactará sobre o custo de oportunidade do projeto. Somente mediante a contabilização das receitas das vendas dos créditos de carbono que o projeto se tornou financeiramente viável.

Desta forma, apesar do alto grau de replicabilidade do projeto é indispensável o desenvolvimento de ferramentas que façam uma mensuração mais exata do potencial produtivo do projeto e englobem as receitas das RCEs, para que assim seja possível que futuros projetos semelhantes ao PBGAGE possam sair do papel e replicados em potenciais aterros sanitários.

Em suma, o PBGAGE trouxe inúmeros benefícios diretos e indiretos, não somente a nível regional, mas também nacional. O projeto possibilitou a exploração de um recurso altamente disponível para a produção de uma fonte de energia renovável em substituição às não-renováveis. Assim, além de replicável, o Projeto Bandeirantes de Gás de Aterro e Geração de Energia também abre portas para que outros projetos, cujo intuito é a geração de energia limpa, possam cada vez mais ganhar espaço na matriz energética nacional.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. V. B. P. de. **Biodigestão anaeróbica na suinocultura**. 54 f. Dissertação (Graduação em Medicina Veterinária) – Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://goo.gl/2g0CzY>>. Acesso em: 17/06/2015.

ANDRADE, A. C. Economia e meio ambiente: aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica. **Leituras de Economia Política**, Campinas – SP, n. 14, p. 1-31, ago.-dez. 2008.

ANDRADE, A. C. ROMEIRO; A. R. Degradação ambiental e teoria econômica: algumas reflexões sobre uma “economia dos ecossistemas”. **Revista Economia**, Brasília – DF, v. 12, n. 1, p. 3-26, jan./abr. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2012**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/3v0OXi>>. Acesso em: 22/03/2015.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2011**. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://goo.gl/3v0OXi>>. Acesso em: 22/03/2015.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2013**. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/3v0OXi>>. Acesso em: 22/03/2015.

_____. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014**. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/3v0OXi>>. Acesso em: 22/03/2015.

_____. **Atlas Brasileiro de GEE e Energia Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/RJ9ULG>>. Acesso em: 05/04/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004: resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 8419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - procedimento**. Rio de Janeiro, 1996.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da República federativa do Brasil**. Brasília, DF, 02 ago. 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/tpFo>>. Acesso em: 02/5/2015.

_____. Decreto n. 5.445, de 12 de maio de 2005. Promulga o Protocolo de Quioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. **Diário Oficial da República federativa do Brasil**. Brasília, DF, 12 mai. 2005. Disponível em: <<http://goo.gl/KDOrFH>>. Acesso em: 04/06/2015.

_____. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 31 ago. 1981. Disponível em: <<http://goo.gl/L1YXP6>>. Acesso em: 12/9/2015.

_____. Constituição Federal (1988). **Constituição**: República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

_____. Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1988. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 12 fev. 1988. Disponível em: <<http://goo.gl/myDuK7>>. Acesso em: 12/9/2015.

_____. Lei n. 11.454, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 5 jan. 2007. Disponível em: <<http://goo.gl/Bt55F>>. Acesso em: 12/9/2015.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF, set. 2011. Disponível em: <<http://goo.gl/X4NInf>>. Acesso em: 30/08/2015.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Status dos projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil**. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0236/236122.pdf>. Acesso em: 04/06/2015.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. **O Mecanismo de desenvolvimento limpo: guia de orientação – 2009**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://goo.gl/3SUHZ1>>. Acesso em: 06/06/2015.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://goo.gl/0dZRvQ>>. Acesso em: 04/06/2015.

_____. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Decisão 11/CP.7 - Uso da terra, mudança no uso da terra e florestas**. Brasília, 2001. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0004/4957.pdf>. Acesso em: 20/06/2014.

_____. Ministério de Minas e Energia. **PROINFA – Programa de incentivos às fontes alternativas de energia elétrica**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/>>. Acesso em: 28/05/2015.

_____. Ministério de Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional**. Brasília, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/AWi8HK>>. Acesso em: 06/04/2016.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 Brasileira**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-brasileira>>. Acesso em: 25/08/2015.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Contexto e Principais Aspectos**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/1L39jX>>. Acesso em: 25/08/2015.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Gestão de Resíduos**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/KFH3v4>>. Acesso em: 30/08/2015.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Estudo sobre o potencial de geração de energia a partir de resíduos de saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD)**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/CvSQdm>>. Acesso em: 25/08/2015.

BIOGÁS ENERGIA AMBIENTAL S.A. **Usina Termoelétrica Bandeirante**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.biogas-ambiental.com.br/>>. Acesso em: 19/04/16.

BOLSA DE VALORES, MERCADORIAS E FUTUROS DE SÃO PAULO (BM&FBOVESPA). **Perfil e Histórico**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://goo.gl/7sVpzl>>. Acesso em: 11/06/2016.

CENAMO, M. C. **Mudanças climáticas, o Protocolo de Quito e o mercado de carbono**. São Paulo: CEPEA, fev. 2003. Disponível em: <<http://goo.gl/Nk3IPz>>. Acesso em: 17/06/2015.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). **Estudo do potencial de geração de energia renovável proveniente dos aterros sanitários nas regiões metropolitanas e grandes cidades do Brasil**. São Paulo, mar. 2004. Disponível em: <<http://goo.gl/FZN7BE>>. Acesso em: 14/06/2015.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (COPEL). **Biomassa**. Paraná, 2016. Disponível em: <<http://goo.gl/S9Gdjs>>. Acesso em 06/04/2016.

COMPLEXO PETROQUÍMICO DO RIO DE JANEIRO (COMPERJ). **Aterro sanitário e lixão: qual a diferença?**. Rio de Janeiro, mar. 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/1L8iBk>>. Acesso em: 13/03/2016.

ICLEI. **Manual para aproveitamento energético de Biogás – Aterros Sanitários**. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://goo.gl/p5zhsU>>. Acesso em: 06/04/2016.

CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa para energia**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2008. p 18.

COSTA JUNIOR, N. C. **Análise do projeto de uso do biogás no aterro bandeirantes utilizando células a combustível e queimadores registradores de biogás e coeficientes**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Taubaté. Taubaté, 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/wpYQ0K>>. Acesso em: 03/05/2016.

CRUZ, S. S; PAULINO, S. R. Apropriação local de recursos dos projetos do mecanismo de desenvolvimento limpo nos aterros sanitários no município de São

Paulo. **Revista Ambiente e Sociedade**, São Paulo-SP, v. XVI, n.1, p. 117-140, 2013.

DEEPASK. **Ranking de países pela emissão de gás carbônico**. Minas Gerais, 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/vqGx2d>>. Acesso em: 16/05/2016.

ENSINAS, A. V. **Estudo da geração de biogás no aterro sanitário delta em Campinas**. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003. Disponível em: <<http://goo.gl/7ICTgE>>. Acesso em: 28/05/2015.

FELIPETTO, A. V. M. **Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos – Conceito, planejamento e oportunidades**. Rio de Janeiro: IBAM, 2007. Disponível em: <<http://goo.gl/GOkAtL>>. Acesso em: 06/07/2015,

FIGUEIREDO, N. J. V. de. **Utilização de biogás de aterro sanitário para geração de energia elétrica – estudo de caso**. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa Interunidade de Pós-Graduação em Energia (PIPGE) do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE), Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-11082011-092549/pt-br.php>>. Acesso em: 16/06/2015.

FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL (FEM). **Relatório de Riscos Globais 2014: 5ª edição**. Disponível em: <<http://goo.gl/rtjf3d>>. Acesso em: 04/06/2015.

FUNDAÇÃO CULTURA EXÉRCITO BRASILEIRO (FUNCEB). **Energia do Bem. Revista DaCultura**, Brasília-DF, v. VII, nº 12, p. 30-32, 2007.

GASPAR, R. M. B. L.; OSÉS, J. E. R. Avaliação do perfil do pequeno e médio investidor adequado à modalidade de fundo de investimento financeiro, em longo prazo, com agregador de valor. **Revista Ciências Sociais em Perspectiva**, Cascavel -PR, v. 10, n. 6, p.149-162, 2007.

GODECKE, M. V.; NAIME, R. H.; FIGUEIREDO, J. A. S. O consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista REGET/UFSM**, Mato Grosso do Sul – MS, v. 8, n. 8, p. 1700-1712, set./dez. 2012.

GONÇALVES JUNIOR, C. B. et al. Geração de energia elétrica no Brasil a partir do biogás de aterros sanitários. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, 6., 2010, Paraíba. **Anais**. Paraíba: ABCM, 2010.

HEMPEL, W. B. A importância do ICMS ecológico para a sustentabilidade do estado do Ceará. **Revista PRODEMA**, Fortaleza – CE, n. 1, p. 97-113, jun. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores sociais municipais: Uma análise dos resultados do universo do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/cTIJje>>. Acesso em: 19/05/2015.

_____. **Pesquisa nacional de saneamento básico: 2008**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/oivc02>>. Acesso em: 13/03/2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos: relatório de pesquisa**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/Ug4gyG>>. Acesso em: 18/06/15.

_____. **Ipea defende uso de crédito de carbono para ampliar geração de energia a partir do lixo**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://goo.gl/HGcJr1>>. Acesso em: 12/05/2016.

ITAÚ UNIBANCO. **No seu dia a dia – Mudanças climáticas**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/WmmCE8>>. Acesso em: 19/04/16.

JACOBI, P. R; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo** - SP, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011. Disponível em: <<http://goo.gl/QxAPzl>>. Acesso em: 10/07/15.

JUSTI, J. G. MOLITERNO, M. **Geração de energia elétrica por meio de biogás extraído do aterro sanitário bandeirantes e o mecanismo de desenvolvimento limpo como indutor de investimentos socioambientais**. 90 f. Dissertação (Monografia em Gestão Ambiental) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008. Disponível em: <<https://goo.gl/uZpfhx>>. Acesso em: 09/05/2016.

LANDIM, A. L. P. F; AZEVEDO, L. P. de. O aproveitamento energético do biogás em aterros sanitários: unindo o inútil ao sustentável. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro – RJ, n. 27, p. 59 – 100, mar. 2008. Disponível em: <<http://goo.gl/t1xltQ>>. Acesso em: 02/02/16.

LORA, B. A. **Potencial de geração de crédito de carbono e perspectivas de modernização do setor sucroalcooleiro do Estado de São Paulo, através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo**. 134 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Programa Interunidade de Pós-Graduação em Energia (PIPGE) do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE), Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://goo.gl/IUxxNN>>. Acesso em: 04/06/2015.

LUSTOSA, M. C; VINHA, V. **Economia do meio ambiente**. Campus: Rio de Janeiro, 2003, p. 136-172.

MACHADO, C. C. Projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo em aterros sanitários como opção para a gestão sustentável dos resíduos sólidos no Brasil: o caso do Aterro Bandeirantes. **Revista Brasileira de Planejamento e Orçamento**, Brasília – DF, v. 5, n. 2, p. 180-196, 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/DYqu7V>>. Acesso em: 25/05/2016.

MARTINS, M. A. C. **A estratégia de adaptação do Brasil à crise do petróleo**. Brasília, 1977. Disponível em: <<http://goo.gl/Hj3OgS>>. Acesso em: 10/06/16.

MENDES, H. **São Paulo não cumpre meta de redução nas emissões de gases geradores de efeito estufa.** São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/Vo64HF>>. Acesso em: 13/05/2016.

METHANE TO MARKETS (MTM). **U.S. government accomplishments is support of the methane to markets partnership.** Estados Unidos da América, 2007. Disponível em: <<http://goo.gl/TlkKJk>>. Acesso em: 28/05/2015.

MUELLER, C. C. **Os economistas e as inter-relações entre o sistema econômico e o meio-ambiente.** Brasília: Editora UnB, 2007.

MUYLAERT, M. S. **Consumo de energia e aquecimento do planeta – Análise do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – do Protocolo de Quioto – Estudos de Caso.** Rio de Janeiro: Editora da Coppe, 2000.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Agenda 21.** Brasília, 1995. Disponível em: <<http://goo.gl/pXL6wl>>. Acesso em 09/04/16.

OLIVEIRA, C. C. de; SILVA, E. G. da; SOUZA, M. T. S. de. **Viabilidade de projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo (mdl) em aterros sanitários para investidores: um estudo de caso do pbgage.** Salvador, 2009. Disponível em: <<http://goo.gl/8TH770>>. Acesso em 22/05/2016.

OLIVEIRA, E. **Visita ao Aterro Sanitário Bandeirantes.** São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/tJ9cpG>>. Acesso em: 20/04/16.

OLIVEIRA, K. T.L. L; GOMES, R. A. **Contribuições da recuperação do biogás de um aterro sanitário: uma análise para Goiânia.** Goiás, 2009. Disponível em: <<http://goo.gl/NYA1PD>>. Acesso em: 15/05/2016.

PAIVA, G. B. de. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, tratamento de esgoto e desenvolvimento sustentável: um estudo econômico.** 132 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2008. Disponível em: <<http://goo.gl/pZuDAH>>. Acesso em: 04/06/2015.

PAVAN, M. de C. O; PARENTE, V. **Projetos de MDL em aterros sanitários do brasil: análise política, socioeconômica e ambiental.** São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://goo.gl/atCzmO>>. Acesso em: 10/05/2016.

PEDOTT, J. G. J; **Avaliação de resultados e causas do insucesso na geração de créditos de carbono nos aterros Bandeirantes e sítio São João.** 152 f. Dissertação (Pós-graduação em Administração) – Universidade Nove de Julho. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/7FYdb7>>. Acesso em: 19/06/2016.

PEDOTT, J. G. J; AGUIAR, A. O. Biogás em aterros sanitários: comparando a geração estimada com a quantidade verificada em projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo. **Revista Holos**, Rio Grande do Norte, ano 30, v. 4, 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/5qrYdx>>. Acesso em: 27/05/2016.

PICON, Rodrigo. As peculiaridades da Lei 9.605/98 (crimes ambientais). **Revista Jus Navigandi**, Teresina-PI, v. 20, n. 4445, set. 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/2p5kB9>>. Acesso em: 12/03/2016.

PINHO, M. **São Paulo arrecada R\$ 4,4 milhões no 3º leilão de créditos do carbono**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/A0VYat>>. Acesso em: 12/05/2016.

RENTE, A. S. G. Economia e meio ambiente: uma discussão introdutória. **Revista Perspectiva Amazônica**, Santarém – PA, v. 1, n. 1, p. 29-40, jan. 2011.

ROCHA, E. R. P. da; TAVARES, F. B. **Mecanismos para financiamento de aterros sanitários com geração elétrica através do biogás**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://goo.gl/uhrHw7>>. Acesso em 25/05/2016.

SAMPAIO, V. H. W. J. **Projeto bandeirantes de gás de aterro e geração de energia: objetivos, implantação e resultados**. 96 f. Dissertação (Monografia em Administração Pública) – Escola Superior de Gestão e Consta Públicas, Conselheiro Eurípedes Sales. São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/JhznqJ>>. Acesso em: 10/05/2016.

SANTO, F. do E. F. **Estimativa do aproveitamento energético do biogás gerado por resíduos sólidos urbanos no brasil**. 242 f. Dissertação (Mestre em Energia) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://goo.gl/DkESup>>. Acesso em: 12/05/2016.

SÃO PAULO. Decreto n. 58.659, de 04 de dezembro de 2014. Institui o Programa Paulista de Biogás e dá providências correlatas. **Assembléia Legislativa do Estado de São Paulo**. São Paulo, SP, 04 dez. 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/NfMKzO>>. Acesso em: 02/5/2016.

_____. Prefeitura Municipal de São Paulo. **Prefeitura arrecada R\$ 4,5 milhões em leilão de Créditos de Carbono**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://goo.gl/EVFFv4>>. Acesso em: 20/04/16.

_____. Prefeitura Municipal de São Paulo. **FEMA**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/EnAzK9>>. Acesso em: 10/05/2016.

SARAIVA, A. J. F. **Conceituação das principais frações do petróleo**. Bahia, 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/nbgDxh>>. Acesso em: 10/04/16.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Pequenos negócios em número**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://goo.gl/QjUq6Y>>. Acesso em: 04/04/2016.

SILVA, J. A. da. **Direito ambiental constitucional**. São Paulo: Malheiros Editores, 2013, p. 48.

SOARES, E. S. **Externalidades negativas e seus impactos no mercado**. 99 f. Dissertação (Mestrado em Finanças Públicas) – Escola de Administração de

Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 1999. Disponível em: <<http://goo.gl/SNKBtQ>>. Acesso em: 09/05/2016.

SOUZA, G. D. de. RIBEIRO, W. C. NovaGerar: experiência pioneira do Brasil no MDL. **Revista Cronos**, Natal – RN, v. 10, n. 2, p. 15-34, jul./dez. 2009.

SOUZA, R. F. da P. de. **Economia do meio ambiente: aspectos teóricos da economia ambiental e da economia ecológica**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/282.pdf>>. Acesso em: 09/05/2016.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Project 0164: bandeirantes landfill gas to energy project (BLFGE)**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/r1ScfN>>. Acesso em: 10/05/2016.

ANEXO I – TIR ORIGINAL DO PROJETO DE EXPLORAÇÃO DO BIOGÁS DO ATERRO BANDEIRANTES

Ano	Receita Bruta	COFINS + PIS	ICMS	Receita Líquida	Custos Fixos	Custos variáveis	Seguro	Custos Totais
2003	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0
2004	R\$ 6.646.575	R\$ 309.066	R\$ 753.244	R\$ 5.584.265	R\$ 866.180	R\$ 593.642	R\$ 44.242	R\$ 1.504.064
2005	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.576.161	R\$ 176.970	R\$ 2.953.131
2006	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.836.161	R\$ 176.970	R\$ 3.213.131
2007	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131
2008	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131
2009	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131
2010	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131
2011	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131
2012	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131
2013	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131
2014	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131
2015	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131

Ano	Depreciação	Juros	EBTA	IR	Lucro Líquido	Investimento	Geração de Caixa	Capital Requerido
2003	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	-R\$ 8.771.990	-R\$ 2.771.990	R\$ 3.000.000
2004	R\$ 932.060	-R\$ 1.176.865	R\$ 1.971.276	R\$ 192.715	R\$ 1.778.561	-R\$ 8.430.026	R\$ 880.595	R\$ 0
2005	R\$ 1.870.202	-R\$ 1.777.603	R\$ 774.270	R\$ 270.825	R\$ 503.445	-R\$ 4.000.000	-R\$ 4.776.353	R\$ 4.500.000
2006	R\$ 2.232.702	-R\$ 1.287.230	R\$ 642.143	R\$ 239.114	R\$ 403.029	-R\$ 2.500.000	-R\$ 3.014.270	R\$ 3.355.413
2007	R\$ 2.370.202	-R\$ 796.856	R\$ 935.016	R\$ 309.404	R\$ 625.612	R\$ 0	-R\$ 154.186	R\$ 154.186
2008	R\$ 2.370.202	-R\$ 306.483	R\$ 1.425.389	R\$ 427.093	R\$ 998.296	R\$ 0	R\$ 218.497	R\$ 0
2009	R\$ 2.370.202	R\$ 0	R\$ 1.731.872	R\$ 500.649	R\$ 1.231.223	R\$ 0	R\$ 3.601.425	R\$ 0
2010	R\$ 2.370.202	R\$ 0	R\$ 1.731.872	R\$ 500.649	R\$ 1.231.223	R\$ 0	R\$ 3.601.425	-R\$ 823.353
2011	R\$ 2.370.202	R\$ 0	R\$ 1.731.872	R\$ 500.649	R\$ 1.231.223	R\$ 0	R\$ 3.601.425	-R\$ 2.370.202
2012	R\$ 2.370.202	R\$ 0	R\$ 1.731.872	R\$ 500.649	R\$ 1.231.223	R\$ 0	R\$ 3.601.425	-R\$ 2.370.202
2013	R\$ 2.370.202	R\$ 0	R\$ 1.731.872	R\$ 500.649	R\$ 1.231.223	R\$ 0	R\$ 3.601.425	-R\$ 2.370.202
2014	R\$ 2.075.641	R\$ 0	R\$ 2.026.433	R\$ 571.344	R\$ 1.455.089	R\$ 0	R\$ 3.530.730	-R\$ 2.075.641
2015	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 4.102.074	R\$ 1.069.498	R\$ 3.032.576	R\$ 0	R\$ 3.032.576	-R\$ 1.000.000

Ano	Dívida	Amortização	Dividendos	Caixa Disponível	Fluxo de Caixa do Acionista	Receita do Carbono	Caixa Esperado para os Acionistas	TIR
2003	R\$ 6.000.000	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 228.010	-R\$ 3.000.000	R\$ 0	-R\$ 3.000.000	-
2004	R\$ 6.600.000	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 1.108.606	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	-
2005	R\$ 0	-R\$ 3.150.000	R\$ 0	R\$ 832.252	-R\$ 4.500.000	R\$ 0	-R\$ 4.500.000	-
2006	R\$ 0	-R\$ 3.150.000	R\$ 0	R\$ 1.173.396	-R\$ 3.355.413	R\$ 0	-R\$ 3.355.413	-
2007	R\$ 0	-R\$ 3.150.000	R\$ 0	R\$ 1.173.396	-R\$ 154.186	R\$ 0	-R\$ 154.186	-
2008	R\$ 0	-R\$ 3.150.000	R\$ 0	R\$ 1.391.893	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	-
2009	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 3.993.318	R\$ 1.000.000	R\$ 3.993.318	R\$ 0	R\$ 3.993.318	-
2010	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 2.778.071	R\$ 1.000.000	R\$ 3.601.425	R\$ 0	R\$ 3.601.425	-
2011	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 1.231.223	R\$ 1.000.000	R\$ 3.601.425	R\$ 0	R\$ 3.601.425	-
2012	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 1.231.223	R\$ 1.000.000	R\$ 3.601.425	R\$ 0	R\$ 3.601.425	-
2013	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 1.231.223	R\$ 1.000.000	R\$ 3.601.425	R\$ 0	R\$ 3.601.425	-
2014	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 1.455.089	R\$ 1.000.000	R\$ 3.530.730	R\$ 0	R\$ 3.530.730	-
2015	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 3.032.576	R\$ 0	R\$ 4.032.576	R\$ 0	R\$ 4.032.576	12,94%

FONTE: UNFCCC (2012, p. 19).

ANEXO II - TIR ORIGINAL DO PROJETO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS CAPTURADO NO ATERRO BANDEIRANTES

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
EBIT		5,8	5,9	6,4	6,5	6,2	6,7	6,7	6,3	5,2	4,3	6,7	8,6	8,8
Não operacional														
Depreciação e amortização	0	2,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	1,5	0,7	0,7
Variação capital de giro	0	0,3	0	0,1	0	0	-0,2	0	0	0	0	0	0	0
Caixa gerado pela Atividade	0	8,9	9,8	10,3	10,4	10	10,3	10,5	10,2	9,1	8,2	8,2	9,3	9,5
Receita financeira	0	0,1	0,4	0,6	0,8	1	0,6	0,6	0,7	0,5	0,4	0,2	0,1	0
Investimentos	-36,8	-11,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dividendos	0	-2,9	-2,7	-2,8	-3	-3,1	-3,1	-3,4	-3,4	-2,8	-2,2	-4,7	-6,7	-7,2
Geração de caixa após investimentos	-36,8	-4,9	7,5	8,1	8,2	8	7,8	7,8	7,5	6,9	6,3	3,7	2,7	2,3
Liberações	26	11,2	6,6	6,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amortizações (Amort FINIMP)	0	0	0	0	0	0	0	0	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,7	-2,5
Juros desembolsados (Amort FINIMP)	0	0	-0,5	-1,2	-1,6	-1,6	-1,6	-1,6	-1,5	-1,2	-0,9	-0,7	-0,4	-0,1
Amortizações (BNDES)	0	0	-1,5	-1,7	-1,8	-1,9	-2	-2,1	-0,2	0	0	0	0	0
Juros desembolsados (BNDES)	0	0	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	0	0	0	0	0	0
Amortizações (Importação)	0	-3,3	-6,6	-6,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juros desembolsados (Importação)	0	-0,8	-0,5	-0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amortizações (IGPM)	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3	-1,2
Juros desembolsados (IGPM)	0	-0,6	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1
Geração de caixa após financiamentos	-10,8	1,5	3,8	3,9	3,7	3,5	3,2	3,2	0,9	1	0,9	-1,4	-2	-1,6
Imposto de renda	0	-0,7	-0,8	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,8	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8
Contribuição Social	0	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
Aumento de capita	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Redução de capital									-3,9	-4	-4,2	-4,4	-4,5	
Geração de caixa líquida	3,2	0,5	2,7	2,7	2,5	2,3	2	2	-4,1	-4,1	-4,3	-6,7	-7,6	-2,7
EBIT	0	6	6	6	6	6	7	7	6	5	4	7	9	9
Tax	0	-1	-1,1	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,1	-1	-1	-1,1	-1,1
Depreciação e amortização	0	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1
CAPEX	-37	-11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbono	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Projeto	-36,8	-3,45	8,65	9,03	9,15	8,88	9,3	9,3	8,97	8,04	7,2	7,2	8,21	8,41
TIR Projeto	15,6%													

FONTE: UNFCCC (2012, p. 19).

ANEXO III – NOVA TIR DO PROJETO DE EXPLORAÇÃO DO BIOGÁS DO ATERRO BANDEIRANTES

Ano	Receita Bruta	COFINS + PIS	ICMS	Receita Líquida	Custos Fixos	Custos variáveis	Seguro	Custos Totais
2003	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0
2004	R\$ 6.646.575	R\$ 309.066	R\$ 753.244	R\$ 5.584.265	R\$ 866.180	R\$ 593.642	R\$ 44.242	R\$ 1.504.064
2005	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.576.161	R\$ 176.970	R\$ 2.953.131
2006	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.836.161	R\$ 176.970	R\$ 3.213.131
2007	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131
2008	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131
2009	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131
2010	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131
2011	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131
2012	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131
2013	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131
2014	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131
2015	R\$ 8.848.476	R\$ 411.454	R\$ 1.061.817	R\$ 7.375.205	R\$ 1.200.000	R\$ 1.896.161	R\$ 176.970	R\$ 3.273.131

Ano	Depreciação	Juros	EBTA	IR	Lucro Líquido	Investimento	Geração de Caixa	Capital Requerido
2003	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	-R\$ 8.771.990	-R\$ 2.771.990	R\$ 3.000.000
2004	R\$ 932.060	-R\$ 1.176.865	R\$ 1.971.276	R\$ 192.715	R\$ 1.778.561	-R\$ 8.430.026	R\$ 880.595	R\$ 0
2005	R\$ 1.870.202	-R\$ 1.777.603	R\$ 774.270	R\$ 270.825	R\$ 503.445	-R\$ 4.000.000	-R\$ 4.776.353	R\$ 4.500.000
2006	R\$ 2.232.702	-R\$ 1.287.230	R\$ 642.143	R\$ 239.114	R\$ 403.029	-R\$ 2.500.000	-R\$ 3.014.270	R\$ 3.355.413
2007	R\$ 2.370.202	-R\$ 796.856	R\$ 935.016	R\$ 309.404	R\$ 625.612	R\$ 0	-R\$ 154.186	R\$ 154.186
2008	R\$ 2.370.202	-R\$ 306.483	R\$ 1.425.389	R\$ 427.093	R\$ 998.296	R\$ 0	R\$ 218.497	R\$ 0
2009	R\$ 2.370.202	R\$ 0	R\$ 1.731.872	R\$ 500.649	R\$ 1.231.223	R\$ 0	R\$ 3.601.425	R\$ 0
2010	R\$ 2.370.202	R\$ 0	R\$ 1.731.872	R\$ 500.649	R\$ 1.231.223	R\$ 0	R\$ 3.601.425	-R\$ 823.353
2011	R\$ 2.370.202	R\$ 0	R\$ 1.731.872	R\$ 500.649	R\$ 1.231.223	R\$ 0	R\$ 3.601.425	-R\$ 2.370.202
2012	R\$ 2.370.202	R\$ 0	R\$ 1.731.872	R\$ 500.649	R\$ 1.231.223	R\$ 0	R\$ 3.601.425	-R\$ 2.370.202
2013	R\$ 2.370.202	R\$ 0	R\$ 1.731.872	R\$ 500.649	R\$ 1.231.223	R\$ 0	R\$ 3.601.425	-R\$ 2.370.202
2014	R\$ 2.075.641	R\$ 0	R\$ 2.026.433	R\$ 571.344	R\$ 1.455.089	R\$ 0	R\$ 3.530.730	-R\$ 2.075.641
2015	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 4.102.074	R\$ 1.069.498	R\$ 3.032.576	R\$ 0	R\$ 3.032.576	-R\$ 1.000.000

Ano	Dívida	Amortização	Dividendos	Caixa Disponível	Fluxo de Caixa do Acionista	Receita do Carbono	Caixa Esperado para os Acionistas	TIR
2003	R\$ 6.000.000	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 228.010	-R\$ 3.000.000	R\$ 0	-R\$ 3.000.000	-
2004	R\$ 6.600.000	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 1.108.606	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0	-
2005	R\$ 0	-R\$ 3.150.000	R\$ 0	R\$ 832.252	-R\$ 4.500.000	R\$ 0	-R\$ 4.500.000	-
2006	R\$ 0	-R\$ 3.150.000	R\$ 0	R\$ 1.173.396	-R\$ 3.355.413	R\$ 0	-R\$ 3.355.413	-
2007	R\$ 0	-R\$ 3.150.000	R\$ 0	R\$ 1.173.396	-R\$ 154.186	R\$ 21.423.925	R\$ 21.269.739	-
2008	R\$ 0	-R\$ 3.150.000	R\$ 0	R\$ 1.391.893	R\$ 0	R\$ 12.267.261	R\$ 12.267.261	-
2009	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 3.993.318	R\$ 1.000.000	R\$ 3.993.318	R\$ 0	R\$ 3.993.318	-
2010	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 2.778.071	R\$ 1.000.000	R\$ 3.601.425	R\$ 0	R\$ 3.601.425	-
2011	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 1.231.223	R\$ 1.000.000	R\$ 3.601.425	R\$ 0	R\$ 3.601.425	-
2012	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 1.231.223	R\$ 1.000.000	R\$ 3.601.425	R\$ 13.636.617	R\$ 17.238.042	-
2013	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 1.231.223	R\$ 1.000.000	R\$ 3.601.425	R\$ 0	R\$ 3.601.425	-
2014	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 1.455.089	R\$ 1.000.000	R\$ 3.530.730	R\$ 0	R\$ 3.530.730	-
2015	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 3.032.576	R\$ 0	R\$ 4.032.576	R\$ 0	R\$ 4.032.576	56,9%

FONTE: Preparado pela autora com base em UNFCCC, 2012.

ANEXO IV –PROJETOS DESENVOLVIDOS COM OS RECURSOS ORIUNDOS DA VENDA DOS RCEs

Projeto	Ação planejada	Valor
1. <u>Parque Linear Perus</u>	Desapropriação de gleba	R\$ 7.000.000,00
	Intervenção sócio-urbanística do Areião	R\$ 3.000.000,00
	Cercamento (2.000 m)	R\$ 3.000.000,00
	Retardamento de águas pluviais	R\$ 5.000.000,00
	Obra de calçamento (40.000 m)	R\$ 2.000.000,00
	Ajardinamento (1.000.000 m²)	R\$ 2.000.000,00
	Iluminação (6.000 m)	R\$ 2.000.000,00
	Outros	R\$ 3.125.420,00
	Subtotal	R\$ 27.125.420,00
2. <u>Bamburral</u>	Intervenção sócio-urbanística	R\$ 3.000.000,00
	Recuperação ambiental da faixa de proteção do aterro	R\$ 1.000.000,00
	Implantação do parque	Contrapartida Biogás
	Subtotal	R\$ 4.000.000,00
3. <u>Implantação de ciclovias</u>	Projeto executivo (3.000 m)	R\$ 200.000,00
	Obra (3.000 m)	R\$ 2.800.000,00
	Subtotal	R\$ 3.000.000,00
4. <u>Parque Anhanguera: Centro de Formação Socioambiental e ampliação do Centro de Reabilitação de Animais Silvestres (CRAS)</u>	Implantação de viveiro	R\$ 500.000,00
	Ampliação do CRAS	R\$ 5.500.000,00
	Implantação de escola de marcenaria	R\$ 1.500.000,00
	Educação ambiental	R\$ 500.000,00
	Subtotal	R\$ 8.000.000,00
5. <u>Parque Linear Fogo/Pirituba</u>	Ajardinamento no Córrego do Fogo	R\$ 500.000,00
	Intervenção sócio-urbanística	R\$ 3.000.000,00
	Sistema de Monitoramento da Qualidade das Águas	R\$ 200.000,00
	Subtotal	R\$ 3.700.000,00
6. <u>Coleta Seletiva e Instalação de Ecopontos (Coleta de Resíduos)</u>	Instalação de 4 ecopontos	R\$ 400.000,00
	Central de Triagem Perus	R\$ 1.500.000,00
	Central de Triagem Pirituba	R\$ 500.000,00
	Subtotal	R\$ 2.400.000,00
7. <u>Praças</u>	Implantação	R\$ 9.500.000,00
	Educação ambiental - Agentes	R\$ 500.000,00
	Subtotal	R\$ 10.000.000,00
	Total Geral	R\$ 58.225.420,00

Fonte: JUSTI; MOLITERNO (2008, p. 81-82).